

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 09-213756

(43)Date of publication of application : 15.08.1997

(51)Int.Cl. H01L 21/66
G01N 21/88
G06M 11/00
H01L 21/02
// G06F 17/60

(21)Application number : 08-020917

(71)Applicant : HITACHI LTD

(22)Date of filing : 07.02.1996

(72)Inventor : NOGUCHI MINORU

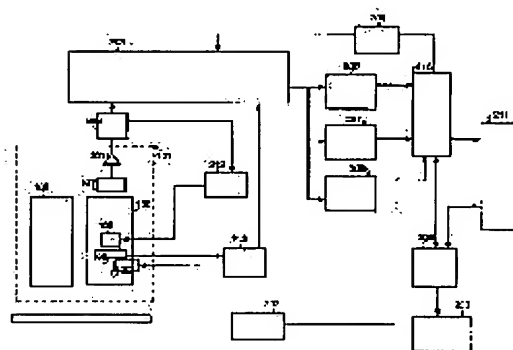
KENBO YUKIO
SHIBA MASATAKA

(54) SEMICONDUCTOR MANUFACTURING METHOD AND ITS MANUFACTURING LINE

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To manage effectively a manufacturing line by a method wherein, in an intermediate portion of a manufacturing step of semiconductors, a foreign substance in a repetition pattern portion and a portion of low pattern density in chips is inspected and a generation state of a foreign substance is judged from manufacturing data and the inspection results.

SOLUTION: In an intermediate portion of a manufacturing step of semiconductors, a foreign substance in a repetition pattern portion and a portion of low formation pattern density in chips of a semiconductor board 1 is inspected. A production state of a foreign substance of a manufacturing step and each manufacturing equipment in the manufacturing step is judged from manufacturing data and the inspection results. For example, an on-line monitor having a detection head 101, comprising illumination means 102, detection optical system 103, a rotation coordination mechanism 105, a space filter unit 106; a dictator 107, rotation detection means 108, an operational amplifier 210, and an A/D converter 202, inspects a foreign substance adhered onto the semiconductor board 1.



LEGAL STATUS

[Date of request for examination] 18.10.2002

[Date of sending the examiner's decision of rejection] 30.11.2004

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection] 2004-026513

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection] 28.12.2004

[Date of extinction of right]

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平9-213756

(43) 公開日 平成9年(1997)8月15日

(51) Int.Cl. ⁶	識別記号	庁内整理番号	F I	技術表示箇所
H 0 1 L 21/66			H 0 1 L 21/66	A
				J
G 0 1 N 21/88			G 0 1 N 21/88	E
G 0 6 M 11/00			G 0 6 M 11/00	Z
H 0 1 L 21/02			H 0 1 L 21/02	Z

審査請求 未請求 請求項の数15 O L (全 30 頁) 最終頁に続く

(21) 出願番号 特願平8-20917

(22) 出願日 平成8年(1996)2月7日

(71) 出願人 000005108

株式会社日立製作所

東京都千代田区神田駿河台四丁目6番地

(72) 発明者 野口 稔

神奈川県横浜市戸塚区吉田町292番地株式
会社日立製作所生産技術研究所内

(72) 発明者 見坊 行雄

神奈川県横浜市戸塚区吉田町292番地株式
会社日立製作所生産技術研究所内

(72) 発明者 芝 正孝

神奈川県横浜市戸塚区吉田町292番地株式
会社日立製作所生産技術研究所内

(74) 代理人 弁理士 小川 勝男

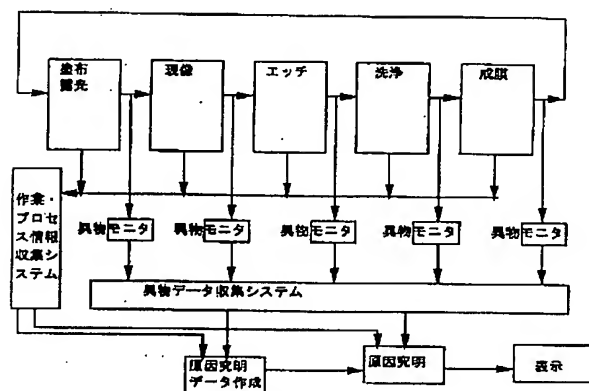
(54) 【発明の名称】 半導体製造方法及びその製造ライン

(57) 【要約】

【課題】半導体の製造ライン上での処理基板を、全数検査、または十分な検査頻度での抜き取り検査を実現し、この検査データと他のデータとを組み合わせることにより、効率良く製造ラインを管理できる半導体製造方法及びその製造ラインを提供する。

【解決手段】基板上に形成されたパターンの規則的な配列を検出する手段と、規則的な配列以外の不規則成分を抽出する手段とから構成される異物検査装置およびその検出データを収集する手段と、異物発生に関連する事が予想されるプロセスパラメータあるいは作業に関するデータを収集する手段と、これらの情報を処理する手段とから構成される。

図 31



(2)

特開平9-213756

【特許請求の範囲】

【請求項1】半導体の製造工程の途中で、前記半導体の基板のチップ内の繰り返しパターン部及び形成パターン密度の低い部分の異物を検査し、該検査結果と前記半導体の製造に関する情報に基づいて、前記製造工程及び該製造工程中の各製造装置の異物の発生の状態を判定することを特徴とする半導体製造方法。

【請求項2】前記基板上の付着異物数を、少なくとも前記基板の検査領域内で検出した異物数と該検査領域の面積とに基づいて算出することを特徴とする請求項1記載の半導体製造方法。

【請求項3】半導体の製造工程の途中で、前記半導体の基板上に付着した異物を検査し、該検査した各基板毎の異物数の推移と異物発生に関連するパラメータとの相関に基づいて異物発生原因を推定することを特徴とする半導体製造方法。

【請求項4】半導体の製造工程の途中で、前記半導体の基板上に付着した異物を検査し、該検査した異物の分布を作業工程ごとに重ね合わせ、該重ね合わせた異物の分布の推移に基づいて異物発生原因を推定することを特徴とする半導体製造方法。

【請求項5】半導体製造において、検査した基板上の異物分布の情報に基づいて、半導体製造装置の異物の発生状態を管理することを特徴とする半導体製造方法。

【請求項6】異物座標の重心あるいは分散を基に行うことを特徴とする請求項5記載の半導体製造方法。

【請求項7】前記異物の発生状態の管理を、異物検出信号レベルの平均あるいは分散に基づいて行うことを特徴とする請求項5記載の半導体製造方法。

【請求項8】前記検査を、半導体の製造工程の途中で行うことを特徴とする請求項5記載の半導体製造方法。

【請求項9】半導体製造において、半導体基板上の異物を検査するに際し、半導体基板内のチップ内の繰り返しパターン部及び形成パターン密度の低い部分を選択的に検査し、その結果を元に製造プロセス及び製造装置の異物発生レベルを知り、異物発生原因を究明しこれを対策し半導体を製造する半導体製造ライン。

【請求項10】半導体製造において、基板上への付着異物数を、各工程での異物検出エリア率と検出率を乗じた異物補足率と検出異物数から推定する事を特徴とする特許請求の範囲第1項記載の半導体製造ライン。

【請求項11】半導体製造において、各基板毎の異物数の推移を異物数に関連する事が予想されるパラメータとの相関を取り異物発生原因を推定することを特徴とする半導体製造ライン。

【請求項12】半導体製造において、各基板毎の異物数の推移を異物数に関連する事が予想される作業時点を契機にして重ね合わせ異物発生原因を推定することを特徴とする半導体製造ライン。

【請求項13】半導体製造において、基板上の異物分布

を基に異物を管理することを特徴とする半導体製造ライン。

【請求項14】前記異物の管理を、異物座標の重心あるいは分散元に異物を管理することを特徴とする請求項13記載の半導体製造ライン。

【請求項15】前記異物の管理を、異物検出信号レベルの平均あるいは分散元に異物を管理することを特徴とする請求項13記載の半導体製造ライン。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【産業上の利用分野】本発明は、半導体製造工程、液晶表示素子製造工程、プリント基板製造工程等、基板上にパターンを形成して対象物を製作していく製造工程で、発生する異物及び欠陥を検出し、分析して対策を施す製造工程における異物および欠陥発生状況解析方法及びその装置、または基板上の異物および欠陥を検査する検査装置を用いた製造方法及び製造ラインに関する。

【0002】

【従来の技術】従来の半導体製造工程では半導体基板（ウェハ）上に異物が存在すると配線の絶縁不良や短絡などの不良原因になり、さらに半導体素子が微細化して半導体基板中に微小な異物が存在した場合にこの異物がキャパシタの絶縁膜やゲート酸化膜などの破壊の原因にもなる。これらの異物は搬送装置の稼働部から発生するものや、人体から発生するものや、プロセスガスによる処理装置内で反応生成されたものや薬品や材料等に混入されているものなどの種々の原因により種々の状態で混入される。

【0003】同様の液晶表示素子製造工程でも、パターン上に異物が混入したり、何らかの欠陥が生じると、表示素子として使えないものになってしまう。プリント基板の製造工程でも状況は同じであって、異物の混入はパターンの短絡、不良接続の原因に成る。

【0004】従来のこの種の半導体基板上の異物を検出する技術の1つとして、特開昭62-89336号公報に記載されているように、半導体基板上にレーザを照射して半導体基板上に異物が付着している場合に発生する異物からの散乱光を検出し、直前に検査した同一品種半導体基板の検査結果と比較することにより、パターンによる虚報を無くし、高感度かつ高信頼度な異物及び欠陥検査を可能にするものが、また、特開昭63-135848号公報に開示されているように、半導体基板上にレーザを照射して半導体基板上に異物が付着している場合に発生する異物からの散乱光を検出し、この検出した異物をレーザフォトルミネッセンスあるいは2次X線分析（XMR）などの分析技術で分析するものがある。

【0005】また、上記異物を検査する技術として、ウェハにコヒーレント光を照射して、ウェハ上の繰り返しパターンから射出する光を空間フィルターで除去し、繰り返し性を持たない異物や欠陥を強調して検出する方法

(3)

特開平9-213756

が開示されている。

【0006】更に、特開平5-218163号公報には、半導体等の製造ライン中で、ウエハ上の異物を実時間で検出できる、小型の異物モニタリング装置が開示されている。

【0007】

【発明が解決しようとする課題】上記従来技術は、半導体製造工程の、量産立上げ時と量産ラインは区別されておらず、量産立上げ作業で使用した検査装置が、そのまま量産ラインでも適用されており、量産ラインでは異物発生をいち早く感知し対策を施す必要がある。ところが、従来の検査装置は、装置規模が大きく、独立して設置せざるをえない構成であったため、製造ラインで処理した半導体基板、液晶表示素子基板およびプリント基板を検査装置の箇所に持ち込んで異物および欠陥の検査をするものであった。したがって、これら基板の搬送、異物および欠陥の検査に時間を要し、全数の検査が難しかったり、抜き取り検査であっても十分な検査頻度を得ることは難しかった。また、このような構成には人手が必要であった。

【0008】一方、特開平5-218163号公報には、半導体等の製造ライン中でウエハ上の異物を実時間で検出できる、小型の異物モニタリング装置が開示されているが、この検出したデータを、プロセスパラメータあるいは作業に関するデータと関連づけて半導体のすることについては、開示されていない。

【0009】本発明の目的は、半導体の製造ライン上での処理基板を全数検査、または十分な検査頻度での抜き取り検査を実現し、この検査データと他のデータとを組み合わせることにより、効率良く製造ラインを管理できる半導体製造方法及びその製造ラインを提供することにある。

【0010】

【課題を解決するための手段】上記目的を達成するために、本発明では、量産ラインに異物及び欠陥検査装置を配置し、全てあるいは全てに近い数の基板に対して異物及び欠陥検査を実施する構成とした。

【0011】これを実現する具体的構成として、半導体等の基板製造ラインに、ライン中でウエハ上の異物を実時間で検出できる小型の異物モニタリング装置を配置し、処理装置の入出力口あるいは処理装置間の搬送系中に載置する構成にした。

【0012】即ち、本発明は、複数の処理装置を備えた量産半導体等の基板製造ラインにおいて、照明系と結像光学系と該結像光学系のフーリエ変換面に配置された空間フィルタと上記結像光学系の結像位置に配置された検出器とを備えて半導体基板上的異物の発生状況を検出する異物モニタリング装置を、所定の処理装置の入口、または該出口、または複数の処理装置の間の搬送系に設置して該処理装置による半導体基板上的異物の発生状態を

検出することを特徴とする半導体製造工程における異物発生状況解析装置を備える方法及び装置である。

【0013】また本発明は、具体的には、複数の処理装置を備えた半導体等の基板製造ラインにおいて、少なくとも1軸方向にコヒーレントな照明系と、照明された基板からの光を検出する手段と、この検出された光から該基板上的繰り返しパターンの情報を取得する手段と、結像光学系と該結像光学系のフーリエ変換面に配置された空間フィルタと、上記結像光学系の結像位置に配置された検出器とを備えて半導体基板上的異物の発生状況を検出する異物モニタリング装置を有する。

【0014】また、本発明は、半導体基板上的異物を検査する装置において、半導体基板に対してほぼ単波長で平面波の光を直線状の形状に照明する照明系と、該照明系によって照明された半導体基板からの反射光像を結像する結像光学系と、該結像光学系の途中に半導体基板上的繰り返しパターンからの回折光を遮光するように設置された空間フィルタと、結像された光像を検出する検出器と、検出器で検出された信号の内半導体基板上で繰り返して発生する信号を消去する消去手段と、該消去手段によって消去されなかった信号に基いて半導体基板上的異物を検出する異物検出手段とを備えたことを特徴とする異物及び欠陥検査装置である。

【0015】また、本発明は、上記異物及び欠陥検査装置において、上記結像光学系として屈折率変化型のレンズアレイで構成したことを特徴とするものである。

【0016】また、本発明は、試料を搬送する搬送系上に設置される装置であって、該搬送系上に搬送される試料を照明する照明光学系と、照明された試料上の照明された位置の像を検出器上に結像して検出する検出光学系と、該照明光学系および該検出光学系による照明の光源の結像位置に設置され相互の間隔を可変の直線状の複数の遮光物より構成される空間フィルタと、該検出器より検出された信号を処理する処理回路から構成されることを特徴とする異物及び欠陥検査装置である。

【0017】また、本発明は、上記検出光学系が2つのフーリエ変換レンズ群から構成され、対象物の像を結像する際、像側がテレセントリックに構成されていることを特徴とする異物及び欠陥検査装置である。

【0018】また、本発明は、上記2つのフーリエ変換レンズ群が開口数の異なるレンズ群から構成され、一方のフーリエ変換レンズ群を開口数の異なるレンズ群と交換可能にする構造を有することを特徴とする異物及び欠陥検査装置である。

【0019】また、本発明は、上記空間フィルタの直線構造物の方向が、試料上に形成されたパターンの繰り返し方向に平行に構成され、試料を検査する直前に試料をほぼ平行に設置する機構と、ほぼ平行に設置された後に試料の傾きを測定する機構と、測定された傾きに従って、照明光学系および検出光学系を傾けて空間フィルタ

(4)

特開平9-213756

一の直線構造物の方向を試料上に形成されたパターンの繰り返し方向に平行にする機構を有することを特徴とする異物及び欠陥検査装置である。

【0020】また、本発明は、上記検出光学系が直線状の検出器を有し、検出光学系がその視野内に、試料上に転写されたチップパターン等の繰り返しパターンが少なくとも2つ以上入るような大きさの視野を有し、この2つ以上の繰り返しパターンを比較することにより異物あるいは欠陥以外のパターン情報を比較して消去する手段を有することを特徴とする異物及び欠陥検査装置である。

【0021】また、本発明は、上記比較して消去する手段が、上記検出器上の1つの画素の信号が異物あるいは欠陥であるかの判断に際し、該検出器上の1つの画素の信号レベルと、該検出器と同一の検出器で取り込まれた隣接する繰り返しパターンの対応するヶ所の画素の信号レベルと該対応するヶ所に近接した複数の画素の信号レベルとを比較して、該対応するヶ所あるいは近接するヶ所の信号レベルのなかに該1つの画素の信号レベルと同等の値の画素が存在した場合、該検出器上の1つの画素で検出された信号は繰り返しパターンからの信号であると判断する処理手段を有することを特徴とする異物及び欠陥検査装置である。

【0022】また、本発明は、該空間フィルターにより遮光される繰り返しパターンの繰り返しピッチが、該対応する画素あるいは近接する画素を合わせた領域の幅の数倍より大きくなるように、上記空間フィルターの直線状パターンのピッチが設定されていることを特徴とする異物及び欠陥検査装置である。

【0023】また、本発明は、上記搬送中に上記検出器により検出された信号をフーリエ変換する手段を有し、このフーリエ変換手段による演算結果より試料上に形成された繰り返しパターンによるフーリエ変換像のピッチを算出する手段と、この算出結果により上記空間フィルターのピッチを変える手段を有することを特徴とする異物及び欠陥検査装置である。

【0024】また、本発明は、上記空間フィルターのピッチを連続的に変える手段と、該ピッチを連続的に変えながら、該検出器の信号を取り込む手段と、取り込んだ信号が極小をとるピッチを算出する手段と、該算出したピッチになるように該空間フィルターのピッチを変える手段を有することを特徴とする異物及び欠陥検査装置である。

【0025】

【作用】上記目的を達成するために、量産ラインに異物及び欠陥検査装置を配置し、実時間サンプリングを実現するものであり、異物モニタリング装置を小型にし、半導体等の基板製造ラインの処理装置の入出力口あるいは処理装置間の搬送系中に載置できるように構成した。即ち本発明は、複数の処理装置を備えた量産半導体等の基

板製造ラインにおいて、照明アレイから成る斜方照明系とレンズアレイまたはマイクロレンズ群から構成された結像光学系と該結像光学系のフーリエ変換面に配置された空間フィルタと上記結像光学系の結像位置に配置された検出器とを備えて半導体基板上の異物の発生状況を検出する異物モニタリング装置を、所定の処理装置の入口、または該出口、または複数の処理装置の間の搬送系に設置することにより、板製造工程における該処理装置による基板上の異物欠陥の発生状態を検出することができる。この異物欠陥発生状況进行处理し、発生モードを分類することにより、また、発生した異物欠陥の成分を分析することにより異物欠陥発生原因を究明することができる。

【0026】これは、従来技術の装置規模が大きいうえに検査時間も長くかかり、これらの従来装置を用いて実時間モニタを実現するには、大規模な装置を数多く並べる必要がありこれは事実上困難であった。現実的には、1ロット、あるいは数ロットあるいは1日毎に1枚の半導体基板を検査するのが限界であった。このような頻度の異物及び欠陥検査では、異物の発生を十分に早く感知したとはいえない。すなわち、量産ラインに対し、理想的な実時間サンプリングには程遠いものであった。そこで本発明の構成をもつ異物欠陥検査装置により、必要にして十分な箇所に必要十分なモニタを設置することにより量産ラインの工程数及び設備を低減することができる。

【0027】また、全自動の搬送系上に載置可能な異物検査装置を実現することにより、人手を介さない検査ラインを構成することができる。

【0028】LSIの量産立上げの主要作業のうちの1つに、これらの異物の発生原因を究明して対策を施す作業があり、それには発生異物を検出して元素種などを分析することが発生原因探求の大きな手がかりになる。一方、量産ラインでは、これらの異物の発生をいち早く感知し対策を施す必要がある。異物発生から異物発生の感知まで時間が経過した場合不良の発生数は大きくなり歩留りは下がる。従って、高い歩留りを維持するためには異物発生からその感知までの経過時間を短縮することが欠かせない。つまり、モニタのサンプリングタイムを短くできる異物欠陥検査装置により、量産ラインでの実時間のサンプリングを可能にし、異物及び欠陥検査の効果を最大限に出すことができる。

【0029】本発明では、処理装置の入口、または該出口、または、複数の処理装置の間の搬送系に設置することにより、実時間で半導体基板上の異物の発生状況を検出できる。

【0030】また、本発明は、量産立上げ時の評価が円滑、迅速に進むようにサンプリング半導体基板を工夫した異物検出分析システムを用いて異物の発生原因を究明して材料入手時の検査仕様を変更したり設備の発塵源の

(5)

特開平9-213756

対策を立て、その結果がそれぞれの材料、プロセス、装置等にフィードバックされて発塵しやすいプロセスの仕様を発塵に対して強い素子の設計仕様とすると同時に、量産ラインの検査、評価の仕様作りに利用され異物の発生しやすい箇所に必要に応じて半導体基板上の異物モニタを設置し、あるいは、特定箇所の特定の異物の増減のみをモニタする仕様とするものである。これにより、半導体製造工程の量産立上げ時には材料、プロセス、装置、設計等の評価、改良（デバック）を行なうために高価で高性能な評価設備により各プロセス、設備等を評価し、量産時には生産ラインの工程数及び設備をできる限り低減し特に検査、評価の項目を減らして設備の費用および検査、評価に要する時間を短縮することができるのである。

【0031】上記のように量産立上げ時と量産ラインを分けることにより、量産立上げ時の異物の検出、分析、評価装置を効率よく移動させることができ量産立上げを迅速にできるとともに、量産ラインで用いられる異物の検査、評価設備を必要最小限の簡便なモニタリング装置にして量産ラインの軽量化が図られる。

【0032】また、本発明の上記量産ラインのモニタリング装置において、高速小型でかつ従来の大型の装置と同等の機能を持つ検査装置を現状の技術で解決するために、以下の方法に着目した。まず、メモリの繰り返し性に着目した。従来から繰り返しパターンを除去し欠陥を検出する方法は知られている。この方法は確実に検出性能を確保できる。しかし、この方法は上記のモニタリング装置を実現する上で好都合なことは触れられていない。さらに、この場合のモニタは半導体基板上の全ての点をモニタする必要はなくある特定の比率で半導体基板上を監視していればよく、繰り返しパターンの多いメモリの製造では、このメモリの繰り返し部だけをモニタするだけでも効果は大きいことに着目した。

【0033】繰り返しパターンでは、コヒーレント光を照射するとある特定の方向にだけ光が射出する。すなわちメモリの場合は繰り返し部分から特定の方向に射出する光を空間フィルタによって遮光することができ、繰り返し発生することがない異物を高感度で検出することができる。この際、空間フィルタとして液晶を用いれば液晶のオンオフで空間フィルタの形状を任意に変更できるため任意の繰り返しパターンの検査を自動でできることになる。

【0034】上記手段で半導体製造時の歩留りが向上するのは以下の理由による。半導体基板上の異物個数の厳密な検出実験により、異物個数は徐々に増減するものではなく、突発的に増減するものであることが新たに判明した。従来は、異物の個数は徐々に増減するものと考えられていたため、上述したようにロットで1枚ないし1日1枚等の頻度で異物及び欠陥検査されていた。ところが、この検査頻度では突発的な異物の増加が見落とされ

たり、増加したまましばらくたってから検出されたりすることになり、相当数の不良が発生することになる。すなわち、量産ラインでは異物の発生をいち早く感知し対策を施す必要があり、異物発生から異物発生の感知まで時間が経過した場合不良の発生数は大きくなり歩留りは下がる。従って、異物発生からその感知までの経過時間を短縮することにより高い歩留りを維持することができる。つまり、モニタのサンプリングタイムを短くすること、理想的には、実時間のサンプリングにより、異物及び欠陥検査の効果を最大限にだすことができる。

【0035】さらに、従来装置では半導体基板を抜き取って検査しており、この際には半導体基板上に新たな異物が付着することになり、やはり歩留りを低下させる。本発明による異物及び欠陥検査装置では半導体基板を抜き取らないで検査できるためこの半導体基板への異物付着による歩留り低下もなくすることができる。

【0036】高速小型の異物検査装置を実現する上で、この空間フィルタを用いた方法は従来技術（特許公開昭和62-89336号）に示した偏光検出法より適している理由を図34、35、36を用いて説明する。

【0037】試料に光を照明し異物からの散乱光を検出する方法では、試料表面に形成されたパターンからの散乱光がノイズになる。このノイズは、図34(c)に示したように検出器2006の画素（1つの信号として検出される最小単位）サイズが大きいほど大きくなる。ノイズ源になるパターンは試料上ほぼ全面に形成されているため、ノイズは画素サイズに比例して大きくなる。

【0038】一方で、画素数が多いほど検査時間がかかるため、高速検査を実現するためには画素サイズを大きくする必要がある。したがって、画素サイズを大きくして、ノイズレベルも小さくする必要がある。このノイズレベルを小さくする方法として、小泉他、「LSIウエハパターンからの反射光の解析」、計測自動制御学会論文集、17-2、77/82(1981)に、偏光を利用した方法が解析されている。これによれば、偏光を利用することによって、パターンからの散乱光（ノイズ）を減衰させることができる。ところがこの方法による散乱光の減衰率は、上記論文に解析されている通り、検出器の方向に依存する。このため、結像光学系を用いたように様々な方向に射出した光を集光する場合、それぞれの減衰率を積分すると減衰率は0.1%から0.01%程度になる。

【0039】これに対し、本出願の空間フィルタを用いた方法では、減衰率を0.001%から0.0001%にできる。この理由を、図35、36を用いて説明する。繰り返しパターンの形成されたウエハ2001を照明光2002で照明し、照明した領域をレンズ系2003、2005を用いて検出器2006に結像する。ここで、空間フィルタ2004を載置したフーリエ変換面でのパターンからの射出光の強度分布を図36に示す。

(6)

特開平9-213756

繰り返しパターンからの射出光はパターンのピッチに応じた位置に集中する。この集中の比率を算出した例として、複スリットの場合の回折光強度分布が久保田宏著、「応用光学」(岩波)に説明されている。

【0040】これによれば、スリットの数(本出願では同時に照明される繰り返しパターンの数)が多くなれば、集中の比率が大きくなる。この比率はフーリエ変換 $F[]$ を用いても算出できる。照明されたパターンの形状を $a(x, y)$ とすると、空間フィルターの位置の光強度分布は $F[a(x, y)]$ となる。空間フィルターの形状を $p(u, v)$ とすると、 $p(u, v) * F[a(x, y)]$ が、空間フィルターを通過する光となる。また空間フィルターに相補的な図形の形状を $\neg p(u, v)$ とすると、 $\neg p(u, v) * F[a(x, y)]$ は、空間フィルターによって遮光される光成分である。この2つの成分の比率が先の減衰率になる。パターンの繰り返し数が3の時のこの減衰率を算出すると0.001%程度である。繰り返し数が5の時0.0001%程度になり、さらに繰り返し数を多くすれば減衰率は低下する。従って、偏光を用いるよりも減衰率を低くでき、パターンノイズを低減できることになる。

【0041】以上の計算は、パターン形状及びその他の条件が理想的な場合であって、現実の実験結果とは必ずしも一致しない可能性がある。しかしながら、偏光方式よりも1桁から3桁減衰率が低下し、パターンノイズを低減できるという実験結果を得ている。

【0042】

【実施例】以下に、本発明のオンラインモニターの具体的実施例の構成を、図1から図7を用いて説明する。

【0043】本実施例は、図1に示すように、照明手段102、検出光学系103、回転合わせ機構105、空間フィルターユニット106、検出器107、回転検出手段108、オペアンプ201、A/D変換器202より構成される検出ヘッド101、ピッチ検出手段212、オペレータ処理系203、異物データメモリ206、大異物データメモリ207、パターンメモリ208、ソフト処理系210、パラメータ伝達手段209、異物メモリ211、座標データ作成手段232、マイクロコンピュータ229、表示手段230より構成される。

【0044】また、図2に示すように、照明手段102は、半導体レーザ112、コリメータレンズ113、凹レンズ114、レシーバレンズ115よりなるビームエキスパンダ、シリンドリカルレンズ116、ミラー118より構成され、検出光学系は、フーリエ変換レンズ108、空間フィルターユニット106、回転検出手段108、フーリエ変換レンズ111より構成される。

【0045】また、図3に示すように、空間フィルターユニット108は、コイルばね121、122、複数の直線状空間フィルター141、コイルばね支え119、120、ガイド125、右ねじ部127、左ねじ部12

8を有するねじ126、ウォームギア129、130、モータ140より構成される。また、空間フィルターユニット108には、回転検出用の検出器123、124が設置されている。

【0046】また、図4に示すように、オペレータ処理系203は、4画素加算手段214、8値化手段215、複数のラインメモリ216からなる切り出し手段204、バッファメモリ217、判定画素切り出し手段218、オペレータ切り出し手段219、231、複数の異物比較回路220よりなる比較回路群、しきい値設定回路221、複数のノイズ比較回路222よりなる比較回路群、しきい値設定回路223、OR回路224、225、AND回路226、227、228より構成される。

【0047】また、図5に示すように、ピッチ検出手段212は、FFT回路242、オペレータピッチ算出手段241、フィルターピッチ算出手段244、空間フィルター制御系243より構成される。

【0048】また、図6に示すように、回転合わせ機構105は、回転ガイド151、回転バー152、ばね153、ピエゾ素子154、ピエゾ素子コントローラー155、架台156より構成される。

【0049】(関係)基板1は照明手段102で照明され、表面の異物、欠陥あるいはパターンからの散乱光あるいは回折光が取り込まれ、空間フィルターユニット106で光学的なフィルターリング処理が施され、検出光学系103内の検出器107で検出される。検出された信号は検出ヘッド101内のオペアンプ201でインピーダンスの大きなノイズののりにくい信号に増幅され、A/D変換器202でデジタル信号に変換されてオペレータ処理系203に伝送される。基板1は、回転検出手段108で回転方向が計測され、回転合わせ機構105で予め回転方向を合わせられる。また、検出光学系は103は、十分な大きな焦点深度を有するため、基板を搬送系で機械精度で搬送してくれば、自動焦点合わせは基本的には不要である。具体的には、約800nmの波長を用い開口数0.08の場合、焦点深度は約±100ミクロンで有る。もちろん、自動焦点機構を持っても問題ない。

【0050】ピッチ検出手段212では、検出信号から基板1上のパターンの繰り返しピッチ、及びチップのピッチが計測される。オペレータ処理系203でパラメータ伝達手段209により伝達されたチップの繰り返しピッチ等の情報を基に、チップピッチの繰り返し性を利用してパターン情報が除去される。結果は、異物データメモリ206、大異物データメモリ207、パターンメモリ208に格納され、さらに、パラメータ伝達手段209により伝達されたテストエレメントグループの位置座標チップの繰り返しピッチ等の情報を基に、チップ間の繰り返し性を持たないテストエレメントグループ等のパターン情報がソフト処理系210で除去され、異物メモ

(7)

特開平9-213756

り211に格納される。ここで、座標データ作成手段232により、座標データが作成され、異物情報と同時に必要に応じ格納される。以上の処理は、マイクロコンピュータ229により管理され、表示手段230より表示される。

【0051】また、図2に示すように、照明手段102では、半導体レーザ112からの光が、コリメータレンズ113、凹レンズ114、レシーバレンズ115により平面波としてコリメートされ、シリンダリカルレンズ116、ミラー118を通して基板上を照明する。ここで、シリンダリカルレンズ116により、照明は、図に示すように、x方向のみコリメートされ、y方向は基板上で集光される。検出光学系では、フーリエ変換レンズ108でフーリエ変換された光束が空間フィルタユニット106により光学的なフィルタリング処理が施され、さらにフーリエ変換レンズ111より検出器107上に基板上の像が結像される。

【0052】また、図3に示すように、空間フィルタユニット108では、ガイド125にガイドされながら、右ねじ部127、左ねじ部128を有するねじ126の回転により移動するコイルばね支え119、120により、コイルばね121、122、のコイル間に渡された黒色の直線状空間フィルタ141間のピッチが変化させられる。動力は、ウームギア129、130を介して、モータ140より供給される。

【0053】また、空間フィルタユニット108上に設置された回転検出用の検出器123、124により基板の検出光学系ヘッド101に対する基板1の傾きが計測される。この図3は図の見やすさの点から、検出光が上方2の方向から入射するように記述してある。

【0054】また、図4に示すオペレータ処理系203では、検出信号の周囲の画素 2×2 が4画素加算手段214により加算され平均化される。この処理は、平均化による安定検出が目的であるが、検出性能(検出感度)自体はやや落ちるため、必要に応じバイパスできるようにバイパス手段が設置されている。加算された信号は、8値化手段215により8値化され、複数のラインメモリ216からなる切り出し手段204を通して2次元の画像データとしてバッファメモリ217に格納される。格納された後、判定画素切り出し手段218、オペレータ切り出し手段219、231、により、2次元の画像データの中から必要なデータが切り出され、比較回路に送られる。

【0055】ここで、検出器107は高速のステージ走査による高速検出が可能のように1次元のリニアセンサを用いている。この検出器からのデータを2次元画像に変換するのがラインメモリ216とバッファメモリ217であり、検出器からの信号が1画素ずつ送られる度に画像全体がx方向に1画素ずつ移動する。いわゆるパイプライン処理で有る。複数の異物比較回路220よりな

る比較回路群、しきい値設定回路221、複数のノイズ比較回路222よりなる比較回路群、しきい値設定回路223、OR回路224、225、AND回路226、227、228により、後に説明する論理により異物信号が抽出される。

【0056】また、図5に示すピッチ検出手段212では、FFT回路242により検出画像のフーリエ変換処理が施され、この結果からオペレータピッチ算出手段241によりオペレータピッチが、フィルタピッチ算出手段244により空間フィルタピッチが算出され、空間フィルタ制御系243及びオペレータ切り出し手段219、231に送られる。

【0057】また、図6に示す回転合わせ機構105では、回転ガイド151をガイドとして、回転バー152を設置した検出光学系ヘッド101が、回転検出手段108からの情報を基に、ピエゾ素子コントローラ155により制御されるピエゾ素子154の伸縮により回転制御される。ばね154は、ピエゾ素子154と回転バー152が接するように設置されたもので有り、ばね154をなくして、ピエゾ素子154と回転バー152を直接固定しても差しつかえない。この構成により架台156上に設置された、回転ガイド151に対して検出光学系ヘッド101が回転制御される。ここでは、ピエゾ素子を用いた駆動系を示したが、必ずしもピエゾ素子である必要はなく、回転モータを用いた直線移動機構を構成しても、回転ガイド151自体として回転駆動可能なモータを用いても、また、超音波を用いたようなその他の、回転、直線駆動機構であっても差しつかえない。ここでピエゾ素子を用いたのは、ピエゾ素子が小型で、高精度の駆動性能を有するからである。

【0058】(原理)パラメータ圧縮型空間フィルタ(PRESフィルタ)の原理について説明する。

【0059】従来からウエハ表面のパターンの繰り返し性を用いて、非繰り返し性を有する異物あるいは欠陥を検出しようとする技術が開示されている。しかしながら繰り返し性を有するパターンとは言っても繰り返し周期、基本パターンの形状によって回折パターンの形状は異なる。そのため、対象となる繰り返しパターンの形状に合わせて遮光板であるところの空間フィルタの形状を変えなくてはならなかった。この空間フィルタの変更方法として、写真乾板を用いた方法などが開示されている。これらの方法では、対象に応じた空間フィルタを作成するのに時間がかかったり、大規模の装置が必要だったりした。

【0060】具体的には図に示すように斜方からコヒーレント光すなわち平面波で照明した場合、例えば図に示すような回折パターンがフーリエ変換の位置で観察されたとする。この場合、基板上のパターンのピッチが変わった時、回折パターンのピッチ p_x 、 p_y のみならず、全体の位相 ϕ が変化する。さらに基板上パターンの基本

(8)

特開平9-213756

形状が変わると回折パターンを形成する点パターンの配置が変化する。すなわち、フーリエ変換面状の回折パターンを記述するパラメータが多くパターン形状に対応するのは困難であった。

【0061】ここで、図に示したような平面波ではなく、図に示すような x 方向には試料上で絞り込み、 y 方向はコヒーレントすなわち平面波を照明した場合を考える。この場合、フーリエ変換面では u 軸方向には結像せず u 軸方向に圧縮された形状の回折パターンとなる。結果的に、空間フィルタは v 軸方向だけの1次元のパラメータに圧縮されたことになる。

【0062】ここで、圧縮された回折パターンの v 軸方向のピッチ p は基板表面で照明されている領域の y 軸方向のピッチに応じたピッチとなる。また、1本1本の線上の回折パターンの太さ w は前側フーリエ変換レンズのフーリエ変換面への開口数 $\sin\beta$ により決定される。具体的には、照明系の射出側開口数と前側フーリエ変換レンズの開口数により決定される。

【0063】従って、照明系及びフーリエ変換レンズが決定されれば決まるものであって、検査対象である基板上のパターンの影響を受けない。しかしながら、照明の開口数を変える場合などもあり、直線状空間フィルタの幅は可変であるほうがよい場合もある。

【0064】また、実際には、高速の検査を実現するためには、ステージの連続走査が可能な1次元のイメージセンサーが適している。この1次元のイメージセンサを用いた場合、照明の効率を向上するには1次元のセンサの形状すなわち試料表面上で直線上の照明が適している。このような照明を実現するためには、少なくとも1方向を絞り込む必要がある。すなわち、1方向コヒーレント照明は、照明強度の効率向上のためにも大きな効果を有する。

【0065】以上説明したように、従来空間フィルタは基板上的パターン形状によって形状が千差万別であり千差万別のパターンに対応するにはそれぞれのパターンに応じた空間フィルタが必要とされていた。本発明により、これら千差万別の空間フィルタも見方を変えればピッチ p のみの関数と考えることができ、多次元のパラメータを持つ空間フィルタが1次元に圧縮されたことになる。このように空間フィルタのパラメータの次元を圧縮することにより複雑な形状のため形状変化への対応がむずかしかった空間フィルタを単純化して、全ての繰り返しパターンに対応可能にすることができる。

【0066】以上の構成は、ウエハあるいは液晶表示素子などの上の異物あるいは欠陥を検出するばかりではなく、繰り返し性を有するパターンから非繰り返し性を有する部分を検出すべきあらゆる検査対象に適用可能である。具体的には、半導体マスク、レチクル、半導体行程を用いるマイクロマシニング部品、その他のマイクロマシニング部品、プリント基板などに適用可能である。本

発明はこれら対象を検査する際に、対象毎に空間フィルタを交換することなしに空間フィルタリング技術を適用しながら、照度の高い照明を実現することによって、高速の検査を実現するものである。

【0067】(空間フィルタ制御、オペレータピッチ制御)図9に空間フィルタとオペレータピッチ処理を用いたパターン信号の除去方法について説明する。本発明では、数百マイクロピッチ以下のセルの繰り返し性を空間フィルタを用いて消去し、数百マイクロピッチ以上の繰り返しを隣接するチップ間(場合によっては、1回の露光を意味するショット間)の繰り返し性を用いて消去し、さらに繰り返し性を持たないチップは座標マトリクスデータを用い検査しないようにデータを消去する構成をとっている。ここで、それぞれの消去の際にそれぞれ必要なパラメータがある。

【0068】空間フィルタによる消去の際には空間フィルタピッチ、チップ間繰り返しによる消去の際にはチップ間ピッチ、繰り返しを持たないチップの消去の際にはピッチの位置情報がそれぞれ必要になる。従って、本発明の検出光学系は、最低2チップを同時に検出できるのが望ましい。即ち、検出光学系の視野サイズが最低2チップの長さ以上の長さが必要になる。もちろんこの視野サイズがあれば望ましいというだけのものであって、複数設置される検出光学系の位置関係を正確に知っておき複数の検出光学系間でこの比較処理を実施する場合は、視野サイズが2チップ以上ある必要はない。但し、光学系の必要精度、データ処理のための回路系の複雑さを考慮すると視野サイズが2チップ以上の大きさを有しているのが望ましい。

【0069】また、ここでは、2チップ以上として説明したが、ステッパによりウエハ上へパターンを転写する際に、マスクとして用いるレチクル上に2チップ以上のチップが書き込まれている場合は、これらのチップ間にテストエレメントグループ(TEG)と呼ばれるパターンが書き込まれている場合が多く、これらのパターンも消去するためには、上記繰り返しピッチを用いて消去する際に、チップ間のピッチを用いるのではなく、ショット(1回の露光で焼き付けられるパターン、レチクル上のパターン)間のピッチを用いる必要がある。もちろんこの方法も必ずしも必要なものではなく、これら1ショット内に形成されたTEGパターンは、後の処理で消去されても問題ない。

【0070】これらの情報は事前に測定され、基板に対応するパラメータが選択され、本発明の異物欠陥検査装置にフィードバックされる。従って、この方法を、用いる際には基板を同定する必要がある。この同定を目的にして基板には基板に対応した番号あるいは記号が記載されている。検査に先だってこの記号を読み取り、番号から基板に製品版号、ロット番号、品種を知り、本発明の異物検査装置が設置されているヶ所のデータから工程を

(9)

特開平9-213756

知り、空間フィルターのピッチ、しきい値の値を設定する。

【0071】また本発明の異物欠陥方法を実現するに当たっては、必ずしも、パラメータを上記説明したように取得し上記のように本発明の装置に送る必要はない。むしろ以下説明するように、本発明の装置により独自に取得される場合の方が望ましい場合もある。上記の方法では、事前に入力するパラメータの値を知っておく必要があるが、独自に取得される場合はそのような手間がいらないからである。またもちろん、基板に記載された番号を読む必要も無くなる。

【0072】本発明では、上記説明したように、複雑な背景パターンを有する基板上に付着した異物あるいは欠陥と背景パターンとを区別して異物あるいは欠陥を抽出して検出するために3段階のパターン除去機能を有している。このパターン除去機能は、事実上パターンと判断されたヶ所は検査対象とせず捨ててしまうことになる。具体的には、数百ミクロンピッチ以下の繰り返しを空間フィルターで消去し、数百ミクロンピッチ以上の繰り返しをチップ間の繰り返し性を用いて消去し、さらに繰り返し性を持たないチップは検査しないようにデータを消去する構成をとっている。

【0073】このようにパターンが形成されている領域を検査対象から外してしまうのは、以下の理由による。パターンが形成されていても、隣接するチップには同じ形状を持ち同じ射出方向に同じ光量を射出するパターンが形成されている。従って、この2つのパターンからの光の検出光強度を比較すれば、空間フィルターで消去できない形状のパターンが形成されている領域でも異物あるいは欠陥の検査が可能となる筈である。しかしながら、これらのパターンは特に散乱光を検出する場合、検出光の強度は不安定になりやすく、上記説明した、比較によるパターン除去を実施すると虚報（異物でないパターン情報が異物として検出されてしまう。）が、多くなる。そこで、パターンが形成されている領域を検査対象から外してしまうのがむしろ有効になることができるのである。すなわち、安定性を考えて、パターンが形成されている領域を検査対象から外してしまうか、隣接するチップパターンからの光の検出光強度を比較することで異物検査するか決定されるべきである。

【0074】（パラメータの取得方法）以下、具体的なパラメータの取得方法を図10を用いて説明する。検出光学系がウエハの繰り返しパターンを取り込める位置にウエハが搬送された次点で、空間フィルター制御系212が空間フィルターのピッチを最大位置から最小位置まで変化させる。この時、1次元検出器107に取り込まれた信号を全画素加算回路245は、各画素の値が全て加算され、この加算値がピッチの変化に対して最小となる位置のピッチがピッチ算出回路246により選択される。この値が、空間フィルター駆動機構106に送ら

れ、空間フィルターが所定のピッチに設定される。

【0075】また、この空間フィルターのピッチの選択に当たっては、このように空間フィルターを変化させなくても、図5に示す周波数分析を実施しても算出できる。検出光学系がウエハの繰り返しパターンを取り込める位置にウエハが搬送された次点での検出器が検出した信号をFFT回路242により周波数分析し、この周波数分析の結果から、空間フィルターピッチ算出手段244により周波数領域でピークとなる空間周波数になるように空間フィルターのピッチが選択される。

【0076】この周波数分析に当たっては、高速フーリエ変換が処理速度等から最も望ましいが、必ずしも高速フーリエ変換である必要はなく他のアダマール変換、積分による周波数解析、自己相関関数演算による方法等の方法であって、問題ない。またこの周波数解析による方法では、空間フィルターのピッチだけでなく、空間フィルターで除去できない成分を除去するための方法のためのチップ間ピッチ（オペレータピッチ）も、オペレータピッチ算出手段241により同時に演算処理される。このチップ間ピッチは、周波数解析で算出されたものかつ検出光学系の視野の1/2より小さいもののうち最大のものをを用いるのが望ましい。これは、最大のものが以下説明するショット間ピッチに相当するばあいが多いからである。

【0077】以上のように検査のためのパラメータの値が設定された後で、検査が実施される。

【0078】以上説明した方法は、搬送中のウエハの最初の部分は異物検査ができないという問題を有している。一方で、検査装置を他の信号伝達システムに対して独立させることができるという効果を有する。

【0079】（テレセントリック光学系）本発明では、上記説明したように、数百ミクロンピッチ以下の繰り返しを空間フィルターで消去し、数百ミクロンピッチ以上の繰り返しをチップ間の繰り返し性を用いて消去し、さらに繰り返し性を持たないチップは検査しないようにデータを消去する構成をとっている。

【0080】ここで、チップ間の繰り返し性を利用してチップのパターンの検出信号を消去する為に、チップ間の検出信号を比較してある値より差の大きいときは異物として検出する構成をとっている。つまり、隣接するチップないのパターンからの散乱光あるいは回折光は強度が等しいことを前提にしている。そこで、隣接するチップの対応する位置からの光を安定して検出する必要がある。ところが、パターンからの回折光は指向性があるため、視野が広く視野内の各位置からレンズを見込む角度が大きく異なるような場合、この指向性により視野内の位置により光強度が異なってしまう。

【0081】ここで、テレセントリック光学系は、対象物上の各点からの主光線を互いに平行にすることによって、焦点位置がずれた場合でも結像の倍率が変わらない

(10)

特開平9-213756

ように開発された技術である。このテレセントリック光学系を本発明に用いることによって上記の異物からの散乱光あるいは回折光の指向性による検出光強度の変化を対策して、対象物の各点からの検出光の強度を安定して一定に保つことができる。

【0082】本発明により、対象物の全ての点で同じ方向から照明して、全ての点で同じ方向から検出できるためパターンからの回折光あるいは散乱光に指向性があった場合でも、パターンの形状が同じであれば検出光の強度は同じになるからである。

【0083】このように、倍率を変化させるのは画素サイズを変えるためである。画素サイズを大きくすると、1つの信号として検出する領域が大きくなるため結果として検査速度を早くできるが、検出系の分解能は落ちるため、ちいさな異物あるいは欠陥の検出が難しくなる。逆に、画素サイズを小さくすると分解能が高くなり、より小さな欠陥あるいは異物を検査できるようになるが、検査時間は長くなってしまう。もちろんこの場合、光学系の分解能も高くする必要が有る。

【0084】レンズの交換機構について図11を用いて説明する。本実施例では、以上説明したように、1対1の結像倍率のテレセントリック光学系を用いている。本発明の効果を十分に得るためにはテレセントリックであることが重要であり、図11(a)に示すように1対1の倍率である必要はない。従って、他の倍率の光学系を用いることもでき、この他の倍率の光学系を実現するに当たって、図11(b)に示すように空間フィルターを挟んだ2つのフーリエ変換レンズ108、111の一方、(具体的には物体側のレンズが最適であるが、)をフーリエ変換レンズ161に交換することで倍率を変更できる。このような構成により、像側のレンズ及び検出器を交換する必要がなくなるため、結果的に倍率の異なる光学系を安価に供給できることになる。

【0085】以上のように、テレセントリック光学系、あるいは対象物の各点から射出する主光線が検出光学系の瞳(空間フィルターが配置された面)の中央を通る光学系は、空間フィルターを用いる異物欠陥検査装置に用いると大きな効果が期待できるが、必ずしも、空間フィルターを用いる場合だけでなく、空間フィルターを用いない欠陥異物検査に適応しても、検出高強度を安定して検出できるという効果を生む。特に、視野の大きな光学系を用いる場合、有効である。

【0086】(PRESフィルター基本概念)以上説明したように、本発明によるPRESフィルターは、テレセントリック型の検出レンズと、片軸のみコヒーレントな照明系と併用すると最大の効果を発揮できるが、本発明の本来の目的である空間フィルターを用いた異物欠陥検査装置を実現するに際しては、必ずしもこれらと併用する必要はない。照明を片側のみコヒーレントにするのは空間フィルターを用いる際コヒーレントが必要であり、片側で

十分であるからである。

【0087】さらに、片側がコヒーレントでないことにより、物体上で照明光束を絞りが込みことができ、照明強度を大きくできるという効果がある。逆に言えば、照明光強度を十分に得られる場合は、照明はx方向y方向両側ともコヒーレントであっても差しつかえない。つまり、本発明の本質は、1次元に圧縮して空間フィルターであってもウエハの回転方向を合わせることににより空間フィルターリングが可能になるところにある。

【0088】ここでさらに重要なのは、斜めから照明する場合、空間フィルターのパラメータを一つにするには、直線状空間フィルターを照明の入射面に平行にすることであり、片側のみをコヒーレントにした照明を用いることではない。即ち、照明の入射面と直線状空間フィルターの長て方向とウエハ上パターンの繰り返し方向を合わせることが本質である。また、パラメータを1つにする必要がない場合は、直線状空間フィルターを照明の入射面に平行にする必要もなく、直線状空間フィルターを用い、ピッチと位相あるいはピッチと回転方向を合わせることで全てのパターンに対応できる空間フィルターが構成できる。さらに、上方からの照明に対しては、照明の入射面と直線状空間フィルターの方向は常に一致するため空間フィルターとウエハ上パターンの繰り返し方向のみを合わせればよいという効果もある。

【0089】しかしながら、上記いずれの場合も、照明に直線上の形状のビームを用いたり、検出器を1次元センサを用いたりしている場合は、この方向も合わせる必要がある。しかし、この場合の合わせは、照明の均一性を得るためであり、あるいは、チップ間繰り返しを利用して、大きな周期の繰り返しを除去するためであり、空間フィルターにより小さい周期のパターン情報を消去する上では、必要ないことである。

【0090】光学系のテレセントリック検出光学系もここでは両テレセントリック光学系を示したが、必ずしも両テレセントリックである必要はなく、少なくとも物体側がテレセントリックで有ればよい。また、テレセントリックでなくても、物体上の各点での照明系の主光線、即ち物体上の各点からの0次回折光が検出光学系の瞳面(空間フィルターの設置している面)の中央を通るようにしてあればよい。

【0091】このような構成でも各点のパターンから0次回折光に対して同じ方向に回折する光をレンズで検出することができるため、パターンからの回折光の分布によるパターン出力の変動を回避できる。しかしながら、パターンへの照明の入射方向が異なるようになるためこの方法は、上記のテレセントリック光学系に比べると性能は幾分低下する。しかし、対象によっては、この方法で十分な場合もある。

【0092】さらに、物体上の各点での照明系の主光線、即ち物体上の各点からの0次回折光が検出光学系の

(11)

特開平9-213756

瞳面（空間フィルターの設置している面）の中央を通るようにしてなくても、即ち、通常の高視野レンズを用いても、本発明の本来の目的である空間フィルターを用いた異物欠陥検査装置を実現することができる。

【0093】（事前に θ を測定する方法）以上の、検査装置では、検査装置をウエハあるいは基板の角度に合わせる必要がある。具体的には、基板上に形成されたパターンの繰り返し方向に垂直あるいは平行に検出器及び照明の光軸を設定する必要がある。これを実現するために、基板の搬送時の角度を角度検出機構で高精度に検出して、その結果により検出光学系全体を基板の面の法線を軸として回転させ、パターンの方向と検出器の方向を一致させる。

【0094】具体的な構成を、図12に示す。図12(a)は、フーリエ変換面に構成される空間フィルターユニット108と回転方向検出器123、124の配置を示し、検出光学系を基板側から見た図であり、直線状空間フィルター141、瞳大きさを制限するための絞り142も同時に示している。検出光学系は開口数がやや大きく作っており、パラメータが圧縮された基板からの回折パターンが絞りの外側にはみ出し、検出器123、124で検出される。そこで、検出器により、回折パターンの内0次回折光を検出し、そのピーク位置の変動を検出すれば、基板に対する、検出光学系ヘッド101の回転方向が計測される。

【0095】具体的には、2つの検出器の間隔を L_p 、検出器中心からの検出された、回折光のピーク位置間での距離を h_{p1} 、 h_{p2} とする。回転位置がずれている際の回折光はフーリエ変換面で図12(b)のような形状を示すため、回転角度 θ_p は概ね以下の数1で示される。図12(b)はフーリエ変換面を含む球面をフーリエ変換面の方向から見たもので、円3は、上記球面と基板面の光線を示し、円4は上記球面と瞳面142の光線を示し、点5は照明光の0次回折光即ち反射光と上記球面の交点を示す。

【0096】

【数1】

$$\sin \theta_p = h_{p1} / L_p \quad \dots (\text{数1})$$

【0097】ここで、厳密には、回折光ピッチ L_{dp} が未知数であるため、既知の微小回転角度 θ_k だけ回転した位置で、回折光のピーク位置間での距離を計測し直し、 h_{p11} 、 h_{p21} として、連立方程式を立てれば、 L_{dp} 及び、 θ_p が算出できる。また、別の方法として、 h_{p1} 、 h_{p2} が共に0になるように、 θ を回転させながら合わせ込む方法もある。

【0098】ここで、検出光学系の方向を検出し安い方向に回転させる際には、基板上に形成されたパターンを空間フィルターによって消去するのが目的であるため、必ずしも光学系全体を回転する必要はなく空間フィルターを回転しても良い。また、光学系の回転に当たって

は、いくつかのユニットを同時に回転させても、また、各ユニットごとに回転させても問題ない。

【0099】この構成で重要なのは、ウエハあるいは基板を支持するステージを回転せずに基板との回転合わせは検出光学系の可動で対応している点である。ここでは、本発明による異物検出装置が、ウエハの流れの方向に対して完全に垂直でなくても検出可能な構成になっているから実現できる物である。また、基板の回転に対しては光学系の回転で対応し、基板に対する光学系の操作には基板の搬送系を用いることで、2つの自由度を2つの機構に独立に持たせることで、それぞれの機構を単純化している点が重要である。

【0100】また、角度検出機構は図12に示したような方法をとらずに、検出器107により取り込んだ画像から、基板上に形成された、パターンの方向を算出してもよい。この場合、実時間の計測が難しいが、検出器123、124などの機構が不要になるという効果がある。

【0101】さらには、図13に示したように、検出ヘッド101内に実装されるのではなく、搬送中の基板に対して、予め計測を澄ませてしまう構成であってもよい。また、検出結果は、回転機構181により、検出ヘッド101あるいは検出ヘッドアレイ180を回転して回転ずれを合わせる。このような構成では、事前に計測がずれているため、基板全域に対して検査可能になるという効果がある。また、この際の回転検出ヘッド162は、上記説明した、回折光を検出するものであっても、基板の像を結像し処理しても、あるいは他のセンサで例えばウエハのオリフラ等の基板のエッジを検出してもよい。

【0102】以上、角度検出、基板搬送は、本発明の実施例では、直線状に搬送される場合を示しているが、かならずしもこれに限定されるものではなく、回転機構、回転のアーム等にも適用可能である。但し、このようなおか移転アームの場合は、検出光学系の検出エリアの長方向が回転アームの中心軸を通るように設定されているのが望ましい。このように構成することで、本発明を回転系の搬送機構にも全く意識なしに適用できるものである。

【0103】（光学系の回転制御）本発明では、空間フィルターを用いているため、基板と光学系の回転方向の位置あわせが必要になる。この回転合わせは、他のパラメータの設定に対して事前になされるのが望ましい。半発明では、図3および図12あるいは図13に示したようにウエハ回転検出光学系を有している。この光学系は、搬送中の基板の最初の部分でウエハの回転ずれを検出し、この検出結果を光学系回転機構に送りこの情報をもとに光学系を回転する。回転機構を図6に示す。

【0104】また、この回転ずれ検出結果をもとに光学系を回転するのではなく、電気処理により回転をずれを補正することができる。図4に示した矩形オペレータを検

(12)

特開平9-213756

出されたウエハの回転ずれに合わせて θ 方向にシフトさせることにより、あたかもウエハの回転ずれを機械的に補正したような効果をうむ。この方法は、光学系を動かす必要がないため補正にかかる時間を短縮できるという効果を有する。また、この回路を用いることによって、回転ずれ θ を計測せずに、オペレータ219、231を θ 方向に常時移動させ、最も検出異物が少なくなるような条件で（この条件が基板と検出ヘッドの回転ずれがない状態に当たる）検査を続けるという方法もある。この方法は高速の信号処理系を有することは言うまでもない。あるいは、高速の信号処理系を用いずとも、事前に上記説明した方法で上記条件を設定し、その後、検査することで、あたかもウエハの回転ずれを機械的に補正したように検査を実施することができる。

【0105】もちろん、ここで開示した方法は、必ずしも必要なものではなく、基板の回転ずれを搬送方向に対して有る一定の許容範囲で機械的に合わせた後、搬送される場合は、このような検出制御系は必要ない。

【0106】（ログスケールしきい値）図14に、空間フィルタ等光学的な処理方法を前処理として用いた場合の比較検査と、このような処理を用いずに電気信号だけで比較検査を実施したときの検出信号の様子を、模式的に示す。空間フィルタによる方法は、パターン部内の欠陥の情報をなくさずにパターンの情報のみを除去できるが、チップ比較による方法は、異物および欠陥情報とパターンの情報を重ね合わせた形で検出して電気信号としているため、光電変換時のダイナミックレンジの範囲でしか異物欠陥信号を検出できない。つまり、パターン信号が極めて大きく異物欠陥信号が極めて小さい場合には、パターン信号に異物欠陥信号がうずもれてしまい、異物欠陥信号をパターン信号から区別して検出することは難しい。

【0107】図14は、横軸に、検出位置を示し、縦軸に検出信号強度を示す。左側に、異物あるいは欠陥情報4を含んだ信号18、右側に比較対象になる欠陥情報4を含まない信号19を示す。ここで、一つの信号として検出する画素サイズを13として検出した場合、斜線を施した、16と17の面積に相当する検出光が検出される。この場合情報4が総面積に対して小さいため、この2つの検出信号16、17の比較は安定してできない。具体的にはノイズに埋もれてしまう。

【0108】この場合、照明の光強度等を大きくしても、情報4を検出可能とするには大きなダイナミックレンジの検出器が必要になる。ここで、画素サイズを13から14にすると検出信号は7と8のなり、情報4は比較により検出できるようになる。画素サイズを小さくすることはこのような効果を生むわけである。これとは逆に、検出信号18、19を安定して（電気信号等に変えずに本質的な比較で）オフセットを消去できれば、具体的には検出信号を例えば10の位置以上できって検出で

きれば、検出信号は5と6になり比較検査できるレベルになる。

【0109】この場合は、画素サイズはさきの13のままで有るので、大画素による高速検出が可能になる。照明の光強度等を大きくすれば、小さなダイナミックレンジの検出器でも情報4を検出できる。本発明の空間フィルタを用いた方法は上記の画素13を用いたままで、微小な情報4を検出することにある。

【0110】以上説明したように、光学系の工夫等で比較すべき隣接チップ間の部内のパターン信号を極めて安定にできたとしても光強度を1:100あるいは1:1000程度のダイナミックレンジで検出するのが限界である。従って、さらにこれ以上のダイナミックレンジを必要とするように異物信号が小さかったり、パターン信号が大きかったりした場合、隣接チップ間の信号強度を比較することによりどちらかの信号に異物の信号が含まれているか含まれていないかを判断することはできない。パターンの信号にたいする異物あるいは欠陥の信号の比率が十分に大きい場合のみ、比較によって異物の有無を検査できる。この比率が小さいときは、異物を見逃してしまうか、異物を検査しようとしきい値を小さくすると虚報が多くなる。

【0111】そこで、これらパターン上に存在する異物を虚報無く検査することは困難であり、虚報をなくすか、異物検出感度を小さくして大きな異物のみを検出可能とするかしかない。本発明でこのようにパターンが形成されている領域を検査対象から外してしまう実施例を用いているのは、以上説明した虚報をなくすことを目的にしている。

【0112】また、異物検出感度を小さくして大きな異物のみを検出可能とするためには、以下に説明するような、ログスケールの比較検査が必要になる。確かに、隣接するチップには同じ形状を持ち同じ射出方向に同じ光量を射出するパターンが形成されていても、これら2つのパターンからの検出光は、完全に同一ではない。従って、この2つのパターンからの光の検出光強度はばらつき可能性が大きく比較は難しい。そこで、比較の際に、aとpを比較する際、従来は、数2を満たす場合2つの信号は異なり異物が存在すると判断した。

【0113】

【数2】

$$(a-p) > \delta \quad \dots (\text{数2})$$

【0114】ところがこの方法では、信号の絶対レベルが大きいときその絶対量に対する比率で変動するばらつきが有った場合異物が無いのに異物があると判断するいわゆる虚報の可能性が大きくなる。そこで、2つの信号の比率が数3を満たすとき、異物と判断する。

【0115】

【数3】

$$(a/p) > \delta \quad \dots (\text{数3})$$

(13)

特開平9-213756

【0116】ところが、実際は、2つの信号の割り算は演算回路の規模が大きくなるため、実際は、しきい値を対数で設定し、数4が成立するとき、異物が存在すると判断する。

【0117】

【数4】

$$\log(a/p) = \log a - \log p > \delta \quad \dots (\text{数4})$$

【0118】このように、数4を用いることにより、量子化のしきい値を対数軸を用いて設定しておけば、本来割り算をする必要がある演算を引き算で表すことができる。以上説明した論理を実現するのが、図4に示した回路構成である。以上説明したような対数の処理は、図4に示した、8値化処理系215のしきい値を対数で設定すればよい。

【0119】また、図4には、上記説明した対数の8値化処理を用いた引き算処理を示したが、必ずしもこの方法ではなく、上記の割り算処理のままの方法を用いても、また、8値化以外の多値化を用いても差つかえない。この場合、3値化を用いると全てのパターン上の異物を検出しないで捨ててしまうことになり、さらにおおきな多値化を用いると光学系が安定であれば、パターン上のより小さな異物の検出が可能になる。

【0120】ここで、しきい値設定回路221では、上記の δ が設定され、異物比較回路220では、上記の数2、数3、数4の比較がなされる。また、しきい値設定回路222では基本的には検出すべき異物の最小しきい値が設定され、オペレータ219、231内にこの異物しきい値より大きなパターンが検出されたときに相当するため、大異物として、記憶される。ここで、さらに重要なことは、本発明では、いわゆる異物の検出に使用されるしきい値よりも小さなしきい値が最低でも1つは設定されていることである。これは、上記の数4を用いる際に必要になることは言うまでもない。

【0121】また、以上の対数しきい値による量子化の様子を図30に示す。横軸は、検出位置、縦軸は検出信号を示す。対数のしきい値50、51、52、53、54が設定され、ピッチ p 離れた部分にある信号が比較処理される。ここで、多値にし、比較時に同一と判定する許容範囲をたとえば1賭することにより、同一の値に量子化されているパターン信号55、58だけでなく、1つ異なる値に量子化されているパターン信号5659、および57、60がパターンと判定され、虚報にならない。

【0122】即ち、量子化の際の対数しきい値の比を大きくとることで、許容範囲が大きくなり虚報を小さくできる半面、パターン上では、よりおおきな異物しか検出できなくなる。また、異物信号61、62ともに検出できる。さらに、オペレータ231を平面方向に広げていることにより平面方向の量子化の誤差を許容することができる。

【0123】以上のように、空間フィルタによるパターン消去とチップ比較によるパターン消去には、本質的な違いがある。つまり、空間フィルタによる方法はパターン部内の欠陥を強調して検出できるが、チップ比較による方法はパターン部内の欠陥情報をそのままの形で光電変換し検出した後で比較するため、大きなダイナミックレンジを必要とする点である。ちょうど、空間フィルタによる方法は、ちょうど、干渉を用いたセル比較により欠陥だけを強調したような形になっている。

【0124】(平面方向の量子化誤差と深さ方向の量子化誤差)ここで、使用したチップ間の繰返しを用いた方法は、基本的には、比較検査であるが、短波長、点光源のレーザ光源を用いた散乱光検出でこのような比較検査を安定して実現するために以下の構成を用いている。チップ間の繰返しを用いたパターン除去方法を実現するオペレータは平面方向に x 方向、 y 方向とも複数画素で形成されている。また、信号が、同一レベルと判断されるべきか、一方に欠陥あるいは異物が存在するために信号レベルが異なっていると判断されるべきかの比較は、数2、数3、数4を用いている。これらの比較の際の比較数値の平面方向及び光強度方向へのサンプリングの拡大処理により、安定して異物とパターンを区別することができる。

【0125】(フィルタサイズ)以下、空間フィルタの設計思想について説明する。本発明の異物および欠陥検査装置では、ピッチの大きなパターンはオペレータによるチップ間繰返しを用いてパターンの情報を消去している。従って、「オペレータによって消去可能な空間周波数」より「空間フィルタによって消去可能な空間周波数」が大きい必要がある。以下、理由を説明する。

【0126】図15に示すように基板上に、パターンピッチ $L1$ および $L2$ ($L1 < L2$) のパターンが形成されている場合を考える。このパターンにより照明光は $\theta1$ 、 $\theta2$ の方向に回折され、空間フィルタ上でピッチ $pf1$ 、 $pf2$ ($pf1 > pf2$) の回折パターンを作る。従って、以下の式が成立する。

【0127】

【数5】

$$Df/2 \cdot NA = pf1 / \sin \theta1 \quad \dots (\text{数5})$$

【0128】

【数6】

$$\sin \theta1 = \lambda / L1 \quad \dots (\text{数6})$$

【0129】ここで、 Df は、光学系の瞳面上の直径、 NA は光学系の開口数である。

【0130】この回折パターンの内、ピッチ $pf1$ の回折パターンは空間フィルタで遮光されるが、ピッチ $pf2$ の回折パターンはピッチが小さすぎるため、空間フィルタでは遮光できないとする。即ち、パターンピッチ $L1$ の基板上パターンは空間フィルタで消去され検

(14)

特開平9-213756

出器上に結像しないが、パターンピッチ L_2 のパターンは空間フィルターで遮光されず検出器上に結像してしまい消去されない。(以下、「パターンが消去される」とは、このように「パターンから射出する光つまりパターン情報をもった光を空間フィルターで遮光することによ

$$L_1 = D f \cdot \lambda / 2 \cdot p f 1 \cdot N.A. \quad \dots (数7)$$

【0132】ここで、空間フィルターは製作上の精度照明の開口数等の限定から有る大きさ以上必要になる。従って、数7より、 $p f 1$ を大きく保つと、空間フィルターで消去可能なパターンのピッチは小さくなってしま

う。【0133】ここで、基板上には、ピッチ L_1 でも複数個のチップが形成されている。このチップ間の繰返しを用いて、パターンピッチ L_2 のパターンの情報を消去する。具体的には、チップピッチ L_1 でも繰返して検出される信号はパターンピッチ L_2 のパターンからの信号だと判断して、検出信号自体を削除する。(この場合、「パターン情報を消去する」とは、文字通り「信号を削除する、捨てる」ことを意味する。)

ここで、後に説明する平面方向の量子化誤差を回避するために、先に説明したオペレータは、 x 方向 n_x 画素、 y 方向 n_y 画素の大きさをもっており、このオペレータ内にパターンが存在した場合、判断画素はパターンであると判断する。従って、このオペレータの大きさにより、検出エリアの率 α は、以下の数8で示される。

【0134】

【数8】

$$\alpha = 1 - w \cdot n_x / L_2 \quad \dots (数8)$$

【0135】逆に、数8より、

【0136】

【数9】

$$L_2 = (1 - w \cdot n_x) / \alpha \quad \dots (数9)$$

【0137】従って、検出エリア率を大きく保つと、消去できるパターンのピッチは大きくなってしま

う。【0138】ここで、基板上の全てのピッチのパターンを消去するためには、上記の空間フィルターで消去できるパターンピッチ L_1 がオペレータにより消去できるパターンピッチ L_2 より大きければよい。

【0139】ここで、ピッチ可変のPRESフィルターは最小ピッチ $p f 1$ から最大ピッチ $2 \cdot p f 1$ まで連続的にピッチを変化できるように形成されている。

【0140】また、空間フィルターによる検出器上での

$$p f s = D / (k \cdot k_0 \cdot n_0) \quad \dots (数14)$$

【0150】

$$\alpha = 1 - 1/k = 1 - (n_0 \cdot k_0) / n f \quad \dots (数15)$$

【0151】となり、検出エリア率はオペレータサイズと直線状フィルター本数のみにより決定される。 k_0 は約1で有り、オペレータサイズ n_0 を3とすると、検出エリア率を例えば、80%以上とするには、15本以上の直線状空間フィルターがあればよいことになる。

り、検出器上に光を届かないようにし検出器上にパターンの像を結像しないようにする」ことを意味する。)従って、数5、数6より、以下の数7が成立する。

【0131】

【数7】

$$\dots (数7)$$

干渉現象を防ぐあるいは押さえるために、フィルター本数、ピッチ、フィルター幅を制限する必要がある。つまり、上記の最小空間フィルターピッチは製作上の限定だけでなく、干渉現象を押さえるためにも限定される。この際、以上のフィルター本数、フィールドサイズ、オペレータサイズの間の関係式が重要になる。

【0141】また、空間フィルターによるパターン消去の可否は、以下説明するように、消去するパターンのピッチによるのではなく、直線状空間フィルターの本数によるものである。空間フィルター面の大きさを D 、最小空間フィルターピッチを $p f s$ 、直線状空間フィルターの本数を $n f$ 、 $p f s$ の空間フィルターにより遮光可能な最大パターンピッチを L_m とする。検出器の視野を X 、画素サイズを w 、画素数を N とする。オペレータによる2チップ比較の際のオペレータサイズを n_0 とする。

【0142】

【数10】

$$p f s / D = \lambda / (N.A. \cdot L_m) \quad \dots (数10)$$

【0143】検出エリア率を十分に大きくとるには、

【0144】

【数11】

$$k \cdot n_0 \cdot w = L_m \quad (k > 1) \quad \dots (数11)$$

【0145】

【数12】

$$D / p f s = n f \quad \dots (数12)$$

【0146】が、必要。また、画素サイズは光学系の分解能付近に設定されれば、検査時間からも検出性能からも必要十分であるから、

【0147】

【数13】

$$w = k_0 \cdot \lambda / N.A. \quad \dots (数13)$$

【0148】上記した数10、数11、数13より、

【0149】

【数14】

$$\dots (数14)$$

【数15】

$$\dots (数15)$$

【0152】以上の検討結果は、検出すべき対象のパターンのピッチにかかわらず、画素サイズを検出器サイズと同等にし、概ね15本程度以上の直線状空間フィルターを用いれば、全てのピッチのパターンに対応できることを意味する。

(15)

特開平9-213756

【0153】(作成方法)以下、上記空間フィルターの製作方法を説明する。本発明の空間フィルターは、バネ状支持具に直線状フィルターを複数設置した形状を有していればよく、必ずしもここに説明した方法によらないが、ここに説明した方法は本発明の空間フィルターを効率よく安価に製作できるものである。

【0154】図19に作成方法を示す。本発明は、コイルバネ121、121上に、等間隔に直線状フィルターをエッチングで形成したフィルターシート165をのせ各直線状フィルター141をはんだづけ、あるいは接着剤等で設置する。ここで、コイルばね121、122及び直線状フィルター141は強度の点からステンレス性で有ることが望ましいが、ステンレス性の場合、半田がのりにくいと言う欠点を有する。そこで、ステンレスに表面にクロムをめっきさらにクロムの酸化を防ぐために金をめっきするとよい。しかしながら、これらのめっきは必要不可欠のものではなく半田をのりやすくするだけの目的である。従って、ステンレスの表面に直接作用して半田をのりやすくするフラックスを用いることもできる。このような場合、クロム及び金めっきは必要ない。

【0155】フィルターシート内の直線状フィルターは、上記説明した光学系の光源のフーリエ変換の位置での像の大きさか10%から100%でいどの余裕を持った大きさに設定されるのが望ましい。ここで、フィルターシート165のコイルばねとの接点に当たる位置はコイルばねと同程度の太さが望ましい。従って、直線状フィルターのフィルター部と接点部は太さを変える必要がある。この太さの変化する部分では、応力集中を避けるために滑らかに太さが変わる必要がある。

【0156】上記フィルターシート165を、予めフィルターシート165と等間隔に設置されたコイルばね121、122上にのせ、接点に半田とフラックスを混合した半田ペースト166を適量のせる。ここで、半田ペーストはフィルターシート上に事前にのせておいてもよい。

【0157】ここで、直線状フィルター141の間隔を変えた際も中央の直線状フィルターの位置が変わらないようにするために、つまり0次回折光を常に遮光するような構成にするために、フィルターシート165をのせる際に、コイルばね可動機構108の中心にフィルターシートの中心が来る必要がある。そのため、予め可動機構を稼働させ、可動機構の中央部にコイルばねのフィルターシートとの接点部が来ていないときは、図20に示すようにコイルばねをコイルばね自身の中心軸23の周りに回転させ、コイルばね可動機構の中心24にフィルターシートの中心25が来るようにする必要がある。

【0158】以上のコイルばね可動機構108の上に半田ペーストをのせたフィルターシート165をのせ、全体を加熱して半田ペーストを溶融させたあと自然冷却し

て完成する。ここでコイルばね可動機構全体を加熱するのは加熱による残留応力を予防するためである。本発明の空間フィルター機構はコイルばねという弾性係数の小さいものを用いているため残留応力に対してひずみが大きくなり、フィルターの位置ずれにより、遮光性能つまり上記説明した空間フィルターリングの性能が劣ってしまう。このような残留応力によるひずみを取るためには上記可動機構全体を加熱するのがよい。

【0159】また、本空間フィルターは、回折光を遮光するものであるため遮光時に乱反射等をなくすために黒色に処理されたいのが望ましい。この黒色処理は、塗料を塗布したものであっても、黒染め処理と言われる熱処理を伴うものであってもよい。また、この黒色処理は、半田付けのあとにされても、フィルターシート165上の接合部以外の部分、遮光部に対してだけフィルターシート165に対して成されるものであってもよい。

【0160】以上、半田ペースト166を用いた方法を説明したが、必ずしも半田ペーストを用いる必要が有るわけではなく、上記フィルターシート内の直線状フィルターを1本1本半田付けする方法であってよいのは言うまでもない。

【0161】(コンボリューションによる画像復元)図21に示すように、本発明による装置では、等ピッチに配列された空間フィルター141により光線が回折し、結像面に回折パターンを形成する。具体的には、点像の回折像が結像面に形成される。この像は、0次の回折光の周囲に±1次の回折光が現われている。このような回折光が現われると、例えば本来のピークの周囲に±1次のピークが現われた信号26のような形状になり、異物が3個に増えて検出されるばかりでなく、パターンの場合には、パターンとして判断され消去あるいは検出感度が落ちてしまうケ所が大きくなってしまう。これを回避するためには、直線状空間フィルターの幅を狭くすればよい。

【0162】具体的には、空間フィルターのピッチに対して直線状空間フィルターの幅が1/2の場合、上記1次回折光は0次回折光の1/2倍なのに対し、空間フィルターのピッチに対して直線状空間フィルターの幅が1/8の場合、上記1次回折光は0次回折光の1/30倍に低減する。これらの結果は、空間フィルターの形状をフーリエ変換することによって算出されたものである。従って、必要に応じ、空間フィルターのピッチに対する直線状空間フィルターの幅を選択する必要がある。また、特に、比率を小さく知る必要がある場合、回折パターンが空間フィルターによって十分に遮光されるように照明系のフーリエ変換の位置での集光の仕方も変える必要がある。

【0163】具体的には、照明の基板に対する入射光の内y方向成分の開口数を大きくすることによって達成される。この際の照明のフーリエ変換面上での結像の大き

(16)

特開平9-213756

さはコヒーレント光の結像理論により算出される。

【0164】また、ウィナフィルタとして知られている画像処理の方法によっても、上記の回折の影響は回避できる。具体的には図21に示すように、空間フィルタの形状を $L(u, v)$ とすると、予め $1/L(u, v)$ の値を求めてそのフーリエ変換を算出しておき、この結果を畳み込み手段251により検出した画像に畳み込めばよい。但し、ここで、 $1/L(u, v)$ の値は無限大に発散する部分があるため、この値を必要十分な大きなあたりに近似する必要がある。

【0165】また、フーリエ変換の結果得られる複素数の値は、概ね位相の反転する数値を正負とし、大きさが複素数の絶対値になるように近似される。また、畳み込みされる画像を切り出す際も十分に効果の有る最小の大きさになるように設定されるべきである。

【0166】（微細パターンに合わせてウエハを回転する）以上の、空間フィルタおよび繰り返しチップによるパターン除去では、空間フィルタにより除去されるパターンのピッチが小さいほうがよく、繰り返しチップによる方法で除去されるパターンのピッチが多きほうがよい。特に、パターンとして除去されてしまう面積を少なくするためには、繰り返しチップによる方法で除去されるパターンのピッチは大きい方が望ましい。

【0167】そこで、検査に当たって、パターンとして除去されてしまう面積を少なくなるように、基板上に形成されたパターンの形状に応じて基板搬送時の基板の回転方向を決定するのがよい。具体的には、図22に示したように、空間フィルタで消せないパターンピッチ $L11$ 、 $L12$ が有った場合、より大きなパターンピッチ $L11$ の方向がセンサの方向になるように方向28に走査するほうがよい。このような方向になるように、予め基板1を90度回転して検査する構成とする。

【0168】（真上からの照明）ここで、例えば、微細化と低抵抗の確保を実現するために、現状あるいは今後の半導体デバイスは、高アスペクト比化が進んでいる。このため、この段差の陰に隠れた異物あるいは欠陥は、検出できない。本発明は、このような対象に対しても焦点深度が深いため、検査可能である。さらに、図23に示すように、ミラー168及びハーフミラー169を用いて、上方から照明する照明光学系を用いることにより、陰に隠れた異物あるいは欠陥も照明することができ、検出可能となる。

【0169】（TFTへの応用）TFT基板等基板が大きく厚さが薄いものは、支持した際のひずみが大きい。このような場合、図24に示すように、基板30を支持部171、172で両持ち自由端支持し、照明のスポットの長手方向31及び検出器の長手方向を支持端を結ぶ方向32に垂直に設定し基板を方向32に平行に操作する構成にする。このような構成により、周辺部だけしか支持できずひずみが大きくなる場合も、ひずみの方向を

照明及び検出器の方向に対して垂直にできるため、照明及び検出器の方向ではひずみが生じないため、検出視野内で検査対象を焦点深度内に入れることができる。

【0170】さらに、基板全体のひずみが大きい場合も、基板のひずみの形状を計算により算出しやすいと言う効果もある。このため、基板の厚さ、長さ、幅、縦弾性係数、横弾性係数等のパラメータをもとに、両持ち自由端支持のひずみを算出し、この形状に合わせて、焦点が合うようにステージを焦点方向に駆動させながら検査することを可能とする。このような構成では、自動焦点検出機構が必要ないという利点がある。以上の構成で、TFTのような大型の基板の異物及び欠陥の検査も可能となる。

【0171】また、検出ヘッドアレイを33、34に示すように複数列用いた場合、それぞれの位置でひずみが異なるため、基板30を z 方向に調整するのではなく、検出ヘッドアレイ33、34を独立に調整する必要がある。

【0172】また、このような基板の検査で基板を平らな支持台に固定して検査する場合はこのような構成は必ずしも必要ないと言うまでもない。また、基板の4すみを支持することによって、ひずみを低減できる。

【0173】（高精度異物検査装置）以上の、空間フィルタを用いて検査装置は、以上説明したように、高速小型だけを実現することだけが目的ではない。以上と全く同じ構成で、図11に示すように、物体側のフーリエ変換レンズを交換することにより分解能を向上すれば、具体的には、分解能を1ミクロン程度にすれば、最小0.1から0.3ミクロン程度の異物あるいは欠陥を、高速に検査できる。また、分解能を3ミクロン程度にすれば、最小0.3から0.8ミクロン程度の異物あるいは欠陥を、高速に検査できる。

【0174】このような構成は、パターンの繰り返し性を利用してノイズとなるパターンの信号を上手に消去できるため、設計データ比較、あるいはセル比較、チップ比較のパターン検査装置に比べて、大きな画素サイズを用いても小さな異物あるいは欠陥を検査できるため、結果的に高速な検査を実現できる。

【0175】このような検査でも、基本的に繰り返しパターンのみの検査で有るため、繰り返し性をもたない、パターン部は検査対象外になる。この検査対象外の部分は、別の検査装置で検査する、目視検査を実施する等の工夫が必要になる。

【0176】（検出ヘッドの利用）以上説明した異物欠陥検出装置は、図25に示すように、基板の1方向の搬送中に検査するのが最も効果的であるため、基板の全域を検査するために、図25に示すように複数の検査装置（検出ヘッド）を並列に配置して検査するのが望ましい。しかしながら、図26に示すように1ユニットの検出ヘッド101を用いて基板の一部35だけを検査して

(17)

特開平9-213756

も効果が十分発揮される場合が多い。一部の異物欠陥検査で十分異物欠陥発生と言う以上事態を検出できるからである。もちろん、これは1ユニットである必要はなく、必要に応じて複数のユニットを配置することができる。

【0177】また、1ユニットあるいはそれ以上の検出ヘッドを用い、図27(a)、(b)に示すようにステージのxy走査で基板全域を検査する構成を用いてもよい。

【0178】(パターン形状に合わせたダイナミック検査) 図28に、繰り返しパターンのピッチが基板内で変化する場合の検査装置について示す。この実施例は、繰り返しパターンピッチ検出部174、検出ヘッド101から構成される。

【0179】基板が搬送されると、まず、繰り返しパターンピッチ検出部174で検出された信号を基に、パラメータ算出手段212で上記説明した周波数解析の方法などを用い繰り返しパターンのピッチが算出される。ここで算出されたピッチは、検出ヘッド101に送られ、空間フィルターのピッチ、オペレータのピッチが変更される。検出ヘッド101では、ピッチ検出部174ピッチが算出された部分が検出ヘッド101の検査位置に搬送された時点で、検査される。検査は常時ピッチが算出されながら、進行する。ここで、パターンのピッチが不連続に変化しない場合は、この方法で検査可能である。ピッチが不連続に変化した場合は、特にピッチの設定が間に合わない可能性がある。このような場合は、ピッチの設定が終了するまで、搬送系送りをとめておく必要がある。

【0180】(サインカーブ回折格子による回折干渉法) 以下、回折光と干渉光を組み合わせたパターン検査方法について図29を用いて説明する。

【0181】この装置は、基本的には、以上説明した空間フィルターを用いた検査装置と同じであり、照明系102、検出光学系103空間フィルターユニット106、検出記107から構成され、さらに、空間フィルターの位置に透明な基板で作成された、サインカーブの位相分布を持つ回折格子175、及び、駆動機構176を追加したものである。ここで、上記説明した方法は、チップの繰り返しを用いたパターン除去処理を図4に示した電気処理系で実現している。

【0182】以上説明したようにこの方法では、パターン内にある異物は得に大きなものでないと検査できないという問題を有していた。さらに、図14に示したように、以上説明したように、このような大きな背景ノイズのなかにある情報は光処理等の均一に確実にオフセットをカットできる方法によってのみ検出できる。そこで、以上のチップの繰り返しを用いたパターン除去処理を光学的な方法、具体的には、干渉法で実現しようとするものである。

【0183】ここで、図29に示した照明は基板に対し

て、透過光で示しているが、透過光であっても、反射光であっても差しつかえない。ここで、照明は、すくなくとも1軸方向はコヒーレントに照明される。ここで、繰り替えしパターン37、38が有った場合、それぞれから射出した光の主光線(0次回折光)は、それぞれの光軸を進み、検出記107上にそれぞれの像を結像する。ところが、フーリエ変換面に回折格子175が設置されているために、光は、回折し、±1次方向に回折光を射出する。

【0184】ここで、重要なのは、回折格子175として、サインカーブ(コサインカーブも同じ)を用いているため、0次回折光はなくなり(光強度が0)、±1次光だけになって射出する点である。ここで、駆動機構により回折格子175を光軸方向に調整することにより、パターン37からの+1次光とパターン38からの-1次光を検出器上で重ねることができる。さらに、照明側、あるいは光軸の適当な位置に位相を π ずらすような位相板178を載置すれば、検出記107上で2つの光束を干渉させることができる。結果的に、途中の光束の位相へかも補正できるように位相板178の位相変化を微調整できるようにすれば、干渉によりチップの繰り返しを用いたパターン除去処理実現できる。

【0185】さらに、回折格子175と駆動機構176を、SAW等の超音波による表面波による屈折率可変機構を用いて、回折格子の格子間距離を超音波の波長を変えて適当に可変すれば、回折格子175から射出するそれぞれの+1次光-1次光を全く同一の方向に射出させ、検出器上で重ねることができる。この方法では、回折格子175上に、サインカーブを自動的に作成できる効果がある。また、回折格子175を光軸方向に可動させる必要はない。もちろん、これらを併用してもよい。

【0186】また、以上は、回折格子としてサインカーブのものを用いたが、必ずしもこのかぎりではなく、十分おおきな間隔をもって離れたパターン37、38を比較する場合は、サインカーブでないことから生じる0次回折光の影響を押さえることができるためサインカーブで有る必要はない。

【0187】また、図29(b)には、パターンを照明する際に、それぞれパターンのピッチ分離した場所のみをスポットで照明する構成を示した。この構成では、光源179は、走査装置を有しており、ハーフミラー180、ミラー181を介して、パターンのピッチ分離した場所のみをスポットで照明する。このような構成により、正確な位相ずれ π を作り出せ、検出性能を向上できる。

【0188】(その他) 以上の検査装置は、以上説明したように、搬送中の基板上の異物あるいは欠陥を検査するものであるから、搬送中に基板が検出光学系の焦点深度内に入っている必要がある。そこで、精度のさほど高くない搬送系中でも検査可能とするために焦点深度は深

(18)

特開平9-213756

いほうがよい。そこで、検出分解能より焦点深度を優先するために、検出光学系中に絞りを設置し、焦点深度を大きくしてもよい。

【0189】以上説明した検査装置では、直線状フィルターを用いているが、このフィルターは必ずしもこのようなフィルターである必要はなく、液晶表示素子を用いたフィルターであっても、また、塩化銀をもちいた可逆的な光カットフィルターであっても、また、複素共役型の非線形素子を用いてもよい。

【0190】また、以上の実施例は、照明光が情報からの光、即ち、反射光の場合を示したが、本発明の効果を得る場合は、これに限定されるものではなく、透過光の照明を持つ構成であって、何ら差しつかえない。

【0191】また、本発明の検査装置で検出した異物欠陥情報は、異物欠陥の数をカウントすることにより異常を検出するばかりでなく、異物欠陥の発生分布を知ることにより異物欠陥の発生原因を類推する手掛かりにもなる。また、高精度の検査装置による結果から、本発明のモニターの配置、配置数、感度等が設定されるとよい。

【0192】本発明の照明系は、照明系102として検出系に独立して構成されているが、この照明系は、検出系の一部を用いることで、省略することができる。具体的には、検出光学系のフーリエ変換面に、半導体レーザ及び適切な焦点距離のシリンドリカルレンズを載置することで実現可能である。このようにすることにより、検出ヘッドをさらに小型、軽量にでき、また、安価にできる。

【0193】以上の構成では、半導体レーザを用いているが必ずしもこれに限らずガスレーザ、固体レーザ、ほぼ短波長、点光源の白色光でも本発明の効果は得られる。

【0194】以下、上記異物検出系の使用方法について第31図を用いて説明する。

【0195】半導体の製造では、塗布パターン露光、現像、エッチ、洗浄、製膜を基本工程としてこの一連の工程群を繰り返して、多層の構造をシリコン基板上に構成していく。

$$n = N \cdot \gamma = N \cdot \alpha \cdot \beta$$

【0201】ここで、 n は検出した異物数、 N はウエハ上に付着した異物数である。

【0202】従って、ウエハ上に付着した異物数 N は

$$N = n / \gamma = n / (\alpha \cdot \beta)$$

【0204】で示される。

【0205】そこで、予め、各工程、各品種毎に検出エリア率 α と検出率 β を測定しておき、上記の式で付着異物数を管理することができる。

【0206】但し、この管理方法は、統計的な方法であるため、異物数が少ない場合やサンプル数の少ない場合は、精度が下がることがある。従って、特定の工程の相

【0196】ここで、各工程とも、異物の付着によりウエハを不良にしてしまうことが問題になっている。そこで、各工程間にお異物付着状況をモニターし付着異物が発見された場合、これを対策する。

【0197】ところが現実には、異物検査装置が高価でスペースをとるもののため、これら全行程で全ウエハを検査することは事実上不可能であった。そこで上記説明した異物モニタが効果を発揮する。すなわち、異物検査装置を簡便に作ることににより全数検査を実現したわけである。ここで、異物検査装置を簡便に作るために、検査できる領域を、製品ウエハ上のパターンが形成されていない箇所と繰り返しパターンが形成された場所に限定している。この検査手法では、プロセスや装置の異物管理を目的とした異物検査では、このように検査領域を限定しても目的を達成できる事に着目している。

【0198】具体的にこの検出法の考え方を説明する。上記の異物モニタでは、繰り返しパターンが存在する部分を空間フィルターを用いて検査し、非繰り返し部分は現実的に感度が落ちるか、あるいはインヒビット処理（非検査処理）で検査できないかである。そこで、面積に対して実質的に検査できている部分の比率を検査エリア率 α と定義する。この検出エリア率はウエハ上に形成されたパターンの形状により変化する。

【0199】また、単一波長レーザを一方向から照射する（コヒーレント照明）異物検査では、異物から回折あるいは散乱する光に指向性が生じる。この指向性は、異物の大きさ、形状、屈折率によって決定される。現実的には、様々な形状、大きさの異物が発生するため、検出感度（何ミクロンの異物を検査しているか）と言っても一意に決まらない場合が多いが、統計的に各大きさの異物について、どれだけの比率の異物ができるかという検出率 β を定義できる。図32に検出率 β の概念図を示す。また検出率は、検出信号の揺らぎ（ばらつき）にも影響される。そこで、ウエハ上に付着した異物の内、検出できる異物の比率を補足率 γ と定義すると以下の式が成立する。

【0200】

$$\text{【数16】} \quad \dots (\text{数16})$$

【0203】

$$\text{【数17】} \quad \dots (\text{数17})$$

対的な異物数の変化を追うような場合は、検出異物数 n を用いた法が良い場合もある。

【0207】ここで、各工程間の検出性能の均一化のために、検出感度の違いを上記の様に、異物補足率により補正しても良いが、以下のような方法でも良い。図37に示すようにある工程の前後で同一のウエハ上の異物数をプロットする。この際、予め工程が問題なく処理され

(19)

特開平9-213756

ている際の異物数をプロットしておく。この際プロットされた点は、良好な場合の例である。この良好な場合の1次相関から、不良時のしきい値を決定する。この際の1次相関の傾きは、工程の前後での検出感度の違いを意味する。また、不良は、工程により異物の付着があったことを意味する。従って、この工程の前後での異物数をこの図37上にプロットし、しきい値から出ている場合を不良とすればよい。ここで、このしきい値を設定するに当たっては、上記の補足率を用いても良い。

【0208】ここで、製造ラインの立ち上げ段階では、検出感度の高い異物検査装置あるいは、パターン検査装置で、異物の付着状況、その原因究明結果を、上記異物モニターでの検査結果との相関でファイルしておく。この相関の結果により、高感度の異物検査装置に変えて、上記異物モニターに配置転換していく。この結果、異物モニターでの全数検査が可能になり、低頻度で発生する発塵にも対応できるようになる。特に、量産が立ち上がった段階では、このように低頻度で発生する発塵を防止することが、歩留り向上のキーになる。このような置き換えの際、上記の補足率 η を用いた手法が効果的である。高感度のパターン検査装置等で検査した結果は、限りなく付着異物数 N に近いからである。

【0209】さらに、現像の後での検査では、露光時の焦点ずれ等の不良も検出することができる。

【0210】また、通常の半導体生産では、ウエハを25枚のケースに入れ（これを1ロットとする。）搬送する。この際、このロット内の数枚を抜き取り検査する場合が多い。この抜き取り検査には、自動の異物外観検査装置の他に、ライフタイム、比抵抗等の特性検査、さらに、投光器（光を射方から照射し、表面の傷異物等を検査する）による目視検査、金属顕微鏡による目視外観検査等が含まれる。この抜き取り検査では、特に目視の検査で、予期せぬ操作不良から傷や異物を付着させてしまい、歩留りを落としてしまう場合が多い。そこで、これらの作業を監視する意味で、上記の異物モニタの効果が大きい。

【0211】この目視観察の監視では、目視観察の前後でウエハ上の異物数を検査すればよい。この結果、目視観察者の作業レベルを監視するだけでなく、目視観察者のモラルの向上という効果も発揮する。

【0212】この場合、付着異物数が多い場合、後々の処理の効率化を考えウエハを途中で廃棄する等の処理が考えられる。この結果後の処理で歩留りの出ないウエハを処理することによる実質的な装置の稼働率低下を防ぐことができる。

【0213】また、完全な枚葉処理化のラインでは、全数検査の効果が益々大きくなる。これは、バッチ処理であれば、各バッチ内では、プロセス条件等が比較的安定であると考えられ、枚葉処理では各ウエハ毎に真空内への搬送、プロセス処理が為されるためプロセス条件が

ウエハ毎に変化しやすくなり、ウエハ枚葉毎の検査が不可欠になるためである。

【0214】（ランダム発生異物の解析）異物発生原因究明方法の一つとして、変化点解析システムについて説明する。通常、外乱を契機にして不良が発生する。この外乱がいわゆる異物発生の原因になる。一方、異物発生は、熱雑音のようにランダムに発生するため、何が契機になっているか同定するのは難しい。

【0215】ここで、完全な熱雑音のようにランダムであれば、それは、外乱に無関係であることを意味し、関連する外乱すなわち原因（原理的に究明できない）はない事となる。ここで、究明したいのは異物発生に関連する外乱である。このように外乱と関連している場合、ランダムな現象も事象がサンプル数が大きくなると確率分布を示してくる。この数理現象を利用することができる。

【0216】すなわち、なにかに関連した発生頻度の少ない事象を原因と結びつけるためには、原因を契機にして、つまり各外乱をトリガーにして異物発生を重ね合わせることでサンプル数を大きくでき、確率分布が見えてくる可能性がある。

【0217】例えば、真空系（あるいは真空計）の交換、装置内の清掃（全掃）、スパッタターゲットの交換、金属顕微鏡での目視観察等のタイミングを出発点として、その後の処理枚数を横軸にして、各ウエハに付着した異物数をプロットする。この際、異物数の変化が、各周期毎に同期するような傾向を示せば、その外乱が異物発生と関連する可能性が高い。ここで、異物発生のノイズ性を減らす方法としては、この重ね合わせの他、異物数を積分する方法も効果が大きい。もちろん、これらの方法は、単独でも効果的であるが、両方同時に使用すれば効果はさらに大きくなる。

【0218】この変化点解析法は、外乱をトリガーにしてロット毎のデータを並べても良いが、もちろん、ウエハ毎のデータを並べても良い。さらに、各ロット毎のデータを重ね合わせても良い。すなわち、カセット内の1枚目を横軸原点にプロットし、カセット内の配置順を横軸にして各ウエハ内の異物数をプロットしても良い。

【0219】一例を、図33を用いて説明する。図33(a)は、ウエハに付着した異物数をウエハの処理順に並べて示したものである。ここで、図33(a)の下部にこの装置に関連する作業の時期を示す。ここで、各作業の時期を契機にしたときの異物の変化を重ねて示したのが、図(b)である。各図でウエハの処理順と異物数の相関係数を算出している。作業A（例えばスパッタターゲットの交換）を契機に並べた場合の相関係数が大きいのが判る。これにより、異物発生に作業Aが強く関連していることが推測される。そこで、作業Aを見直し問題を解決すればよい。（例えばスパッタターゲットの交換時の作業方法不良）このように、作業がある時点でボイン

(20)

特開平9-213756

トとして成される場合は、その時期を契機に異物数の推移を並べ換えればよい。

【0220】図34に関連するパラメータが、特定の時期に完結する作業等でなく、プロセスの条件等の場合の例を以下に示す。たとえば、洗浄液のPHやバッチ処理時の投入枚数、あるいは真空計の指示圧力、スパッタ時の電極への投入電力の指示レベル等をパラメータに取る。この場合、これらパラメータのレベルと異物数の相関を取る。この場合、パラメータAと異物数との相関が強く、このパラメータは異物管理上、高精度にコントロールする必要がある事が判る。

【0221】また、同様に、プロセス等の違いをパラメータとして相関をとっても良い。例えば、マルチチャンバの装置で同一プロセスをする場合のチャンバナンバーをパラメータにしても良い。

【0222】この変化点解析法を実現するシステムでは、作業内容、変更点等の作業データの収集がキーとなる。そこで、各装置毎に何らかの処理、修理、部品交換等を実施した場合それを記録にする必要がある。また、異物に関連し（実際には何が関連するか必ずしも不明なため殆ど全ての）変動しやすいプロセス条件等を収集する必要がある。これは、現実には、作業ノートの電子化により満たされる。あるいは作業の現場での記録を容易にする入力システムを構築すればよい。入力作業を容易にするために各装置で定期的実施されるいくつかの作業はコード化しておき、例えばバーコードリーダでコードを入力し、その際の時間をファイルする方式が望ましい。このようにして作成した作業データベースを異物データベースとリンクし上記のようなデータ処理を実施し、異物の発生原因を究明する。

【0223】また、異物のデータは、異物数以外に、異物座標の分散（x方向、y方向、xy方向）、異物座標の平均値（重心）を用いて異物の分布を代表することができる。これにより例えば、プロセスチャンバ内の異物であれば、チャンバ内のどの位置から発生したかと言うような、異物発生モードを代表することができる。また、検出異物信号レベルの平均値、分散も同様に、発生異物モードを代表できる。このような、重心値や平均値及び分散値は、統計的に十分な意味付けがされている上に、算出が単純であるという利点がある。

【0224】ウエハに付着する異物は、プロセス内で発生する異物の中でも大きい場合が多い。ここで、大きな異物ほど静電気、プラズマ電位等の力により下方に移動しやすい。そこで、処理中のウエハを上下逆さまにして、つまりウエハ表面を下方にして載置すればウエハ上への異物付着を防ぐことができる。

【0225】また、これらの異物検査の結果を、即刻、目視確認用ステーションで目視確認するのも良い。また、上記の異物検査装置をたとえば、金属顕微鏡の隣に配置し、作業者が作業前後に必ず異物検査することで、

自分の作業による異物付着を作業者が認識できるため、作業者のモラルアップを図れる。

【0226】図35にウエハの認識のためのバーコードを示す。ウエハの周囲の1カ所あるいは複数カ所に図(b)、(c)、(d)のようなバーコードを配置する。この配置位置は、図35(a)に示すウエハ表面（パターン形成面）であっても、ウエハ裏面であっても良い。また図36に示すようなウエハエッジ部を用いても良い。ウエハエッジ部を用いる場合、ウエハ表面の有効利用が可能になる。

【0227】またバーコードは、図35(b)、(c)に示すような1次元方向のバーコードでも、図35(d)に示すような2次元のパターンによるものでも良い。また、バーコードの作成方法は、レーザマーカであっても、リソグラフィを用いても良い。いずれにしても、明暗の作成のため、面を荒らす必要がある。ところが、あれた面は、発塵の原因になるため、図35(b)に示すような細線のピッチを変えることによるバーコードがよい。この細線は、やはりレーザマーカ等により作成するが、光学的には細線がいわゆるエッジとして働けばよい。従って、細線部はあれている必要はなく、きれいな面であっても凹面あるいは凸面であればよい。断面構造を図に示す。ここで、このバーコードを裏面に形成した場合裏面観察用のバーコード検出器が必要になる。

【0228】

【発明の効果】本発明は以上説明したように構成されているので、半導体製造工程の量産立上げ時と量産ラインでの異物検査システムを分けることにより、また、高精度の異物検査装置を用いることにより、量産立上げ時に必要な異物の検出・分析・評価の機能を最大限にできるため、量産ラインへのフィードバックを円滑に進め、量産立上げ期間を短縮でき、量産ラインでは、必要最小限のモニターを用いて全数検査に近い高頻度サンプリングを実現でき、製品の高品質、高歩留り生産を実現できる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明による装置の一実施例を示す構成ブロック図である。

【図2】第1図の検出ヘッド例を示す構成ブロック図である。

【図3】第1図の空間フィルター機構を示す斜視図である。

【図4】第1図のオペレータ処理部を示す構成ブロック図である。

【図5】第1図のパラメータ検出系を示す構成ブロック図である。

【図6】第1図の回転合わせ機構を示す斜視図である。

【図7】従来の方法を示す構成ブロック図である。

【図8】本発明の基本概念を示す構成ブロック図である。

(21)

特開平9-213756

【図9】本発明のパターン除去方法を示す構成ブロック図である。

【図10】パラメータ検出系の他の実施例を示す構成ブロック図である。

【図11】検出レンズの構成ブロック図である。

【図12】回転ずれ検出系を示す構成ブロック図である。

【図13】回転ずれ検出系の他の実施例を示す構成ブロック図である。

【図14】光学的フィルタリングによる比較検査の効果を示す模式図である。

【図15】空間フィルタによる遮光時のようすを示す斜視図である。

【図16】オペレータ処理を説明する模式図である。

【図17】空間フィルタの形状を説明する模式図である。

【図18】パターン消去の条件を説明する模式図である。

【図19】空間フィルタ機構の製作方法を示す斜視図である。

【図20】コイルばねの調整方法を説明する斜視図である。

【図21】回折の影響を除去する方法の構成ブロック図である。

【図22】センサの走査方向を説明する模式図である。

【図23】垂直照明を実現する構成の構成ブロック図である。

【図24】検出ヘッドの利用法を示す斜視図である。

【図25】検出ヘッドの利用法を示す斜視図である。

【図26】検出ヘッドの利用法を示す斜視図である。

【図27】ステージの走査方法を示す模式図である。

【図28】パターンピッチの測定手段を示す構成ブロック図である。

【図29】干渉を用いたパターン除去方法を示す構成ブロック図である。

【図30】本発明の信号処理方法を説明する図である。

【図31】本発明の異物検出系の使用方法を説明する図である。

【図32】検出率 β の概念図である。

【図33】ウエハに付着した異物数の推移を説明する図である。

【図34】プロセスの条件と異物数の相関を示す図である。

【図35】ウエハの認識のためのバーコードを示す図である。

【図36】バーコードの配置位置を示す図である。

【図37】検出感度の補正方法を示す図である。

【符号の説明】

102…照明手段、103…検出光学系、105…回転合わせ機構、106…空間フィルタユニット、107…検出器、108…回転検出手段、101…検出ヘッド、212…ピッチ検出手段、203…オペレータ処理系、206…異物データメモリ、207…大異物データメモリ、208…パターンメモリ、210…ソフト処理系、211…異物メモリ、232…座標データ作成手段、229…マイクロコンピュータ、230…表示手段、空間フィルタユニット108、複数の直線状空間フィルタ141、オペレータ処理系203、4画素加算手段214、8値化手段215、複数のラインメモリ216、切り出し手段204、バッファメモリ217、判定画素切り出し手段218、オペレータ切り出し手段219、231、異物比較回路220、しきい値設定回路221、複数のノイズ比較回路222、しきい値設定回路223、ピッチ検出手段212、オペレータピッチ算出手段241、フィルタピッチ算出手段244、空間フィルタ制御系243、

【図3】

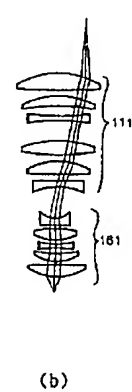
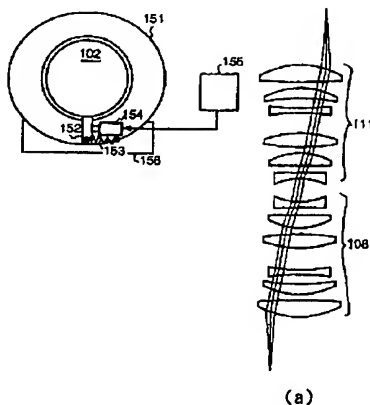
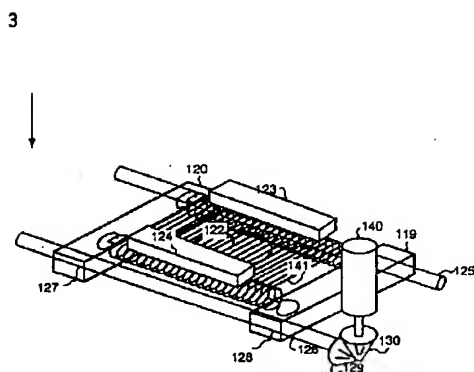
【図6】

【図11】

図 3

図 6

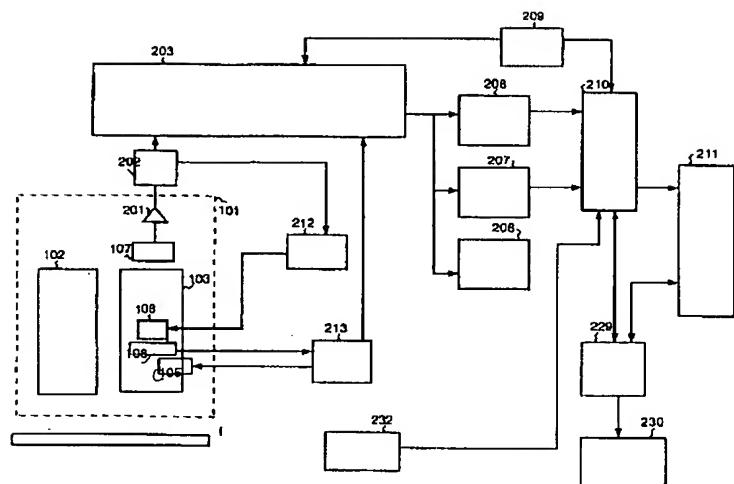
図 11



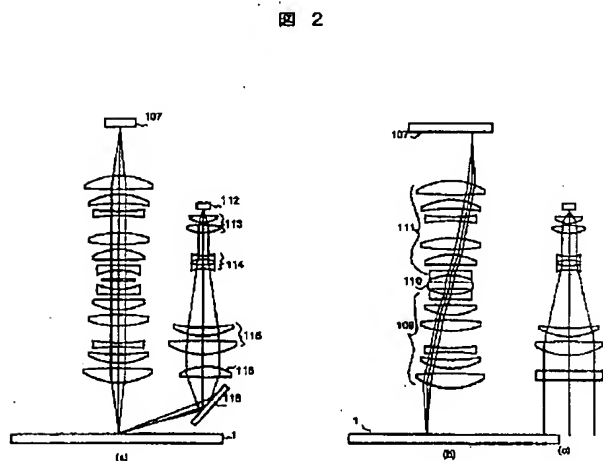
(2 2)

特開平9-213756

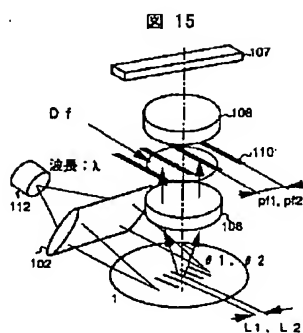
【図 1】



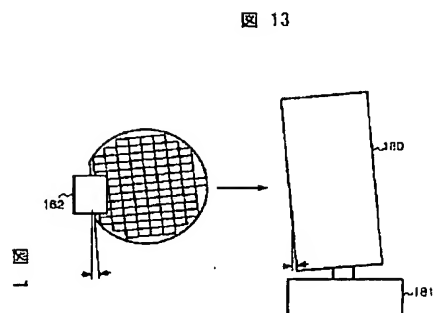
【图2】



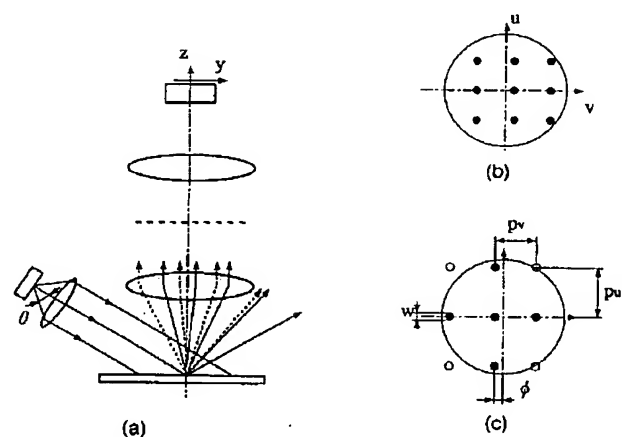
【图 15】



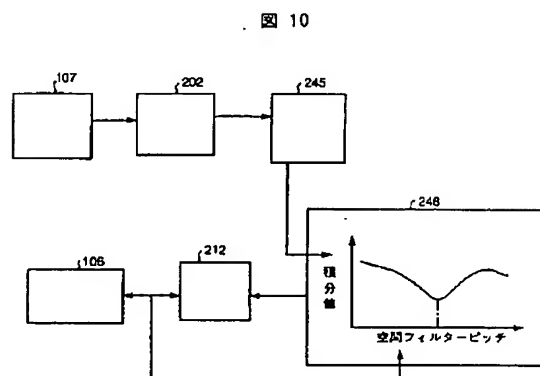
【图 13】



【圖7】



【図10】

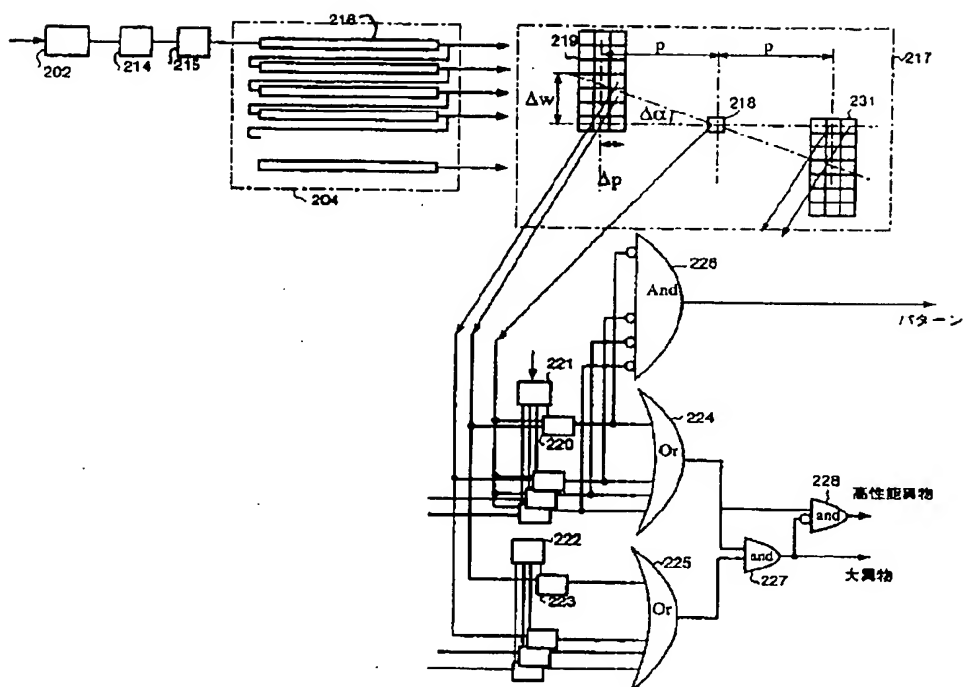


(23)

特開平9-213756

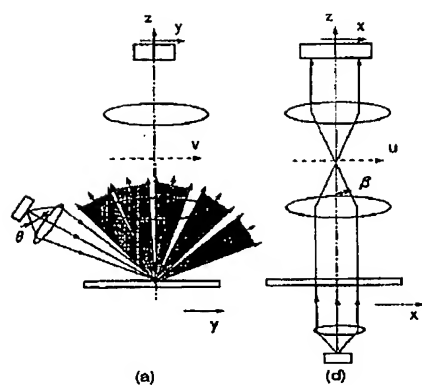
【図4】

図 4



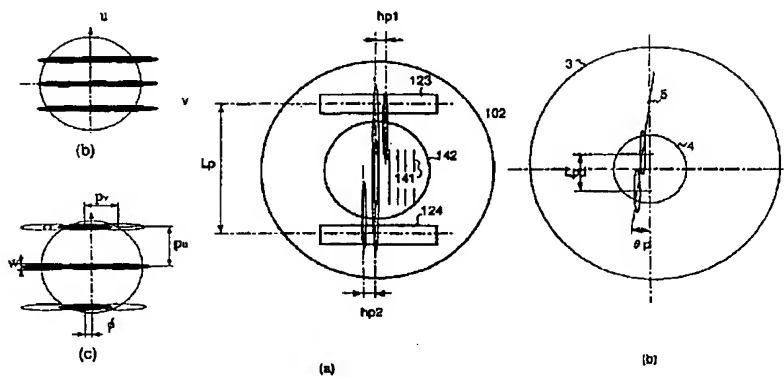
【図8】

図 8



【図12】

図 12

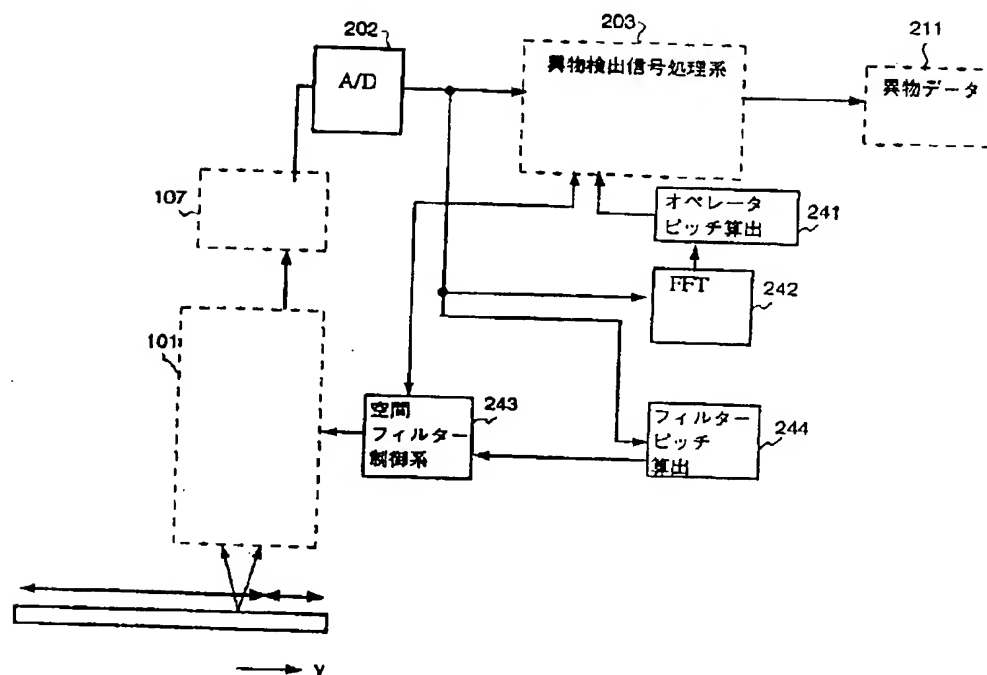


(24)

特開平9-213756

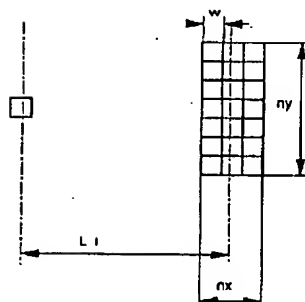
【図5】

図 5



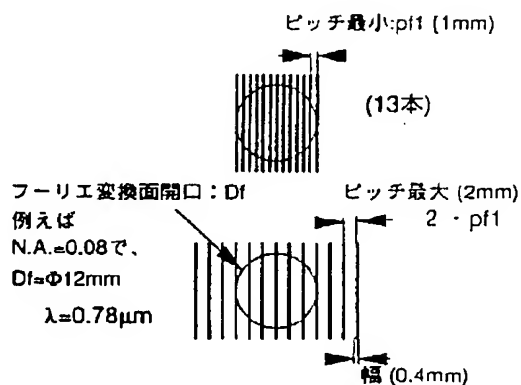
【図16】

図 16



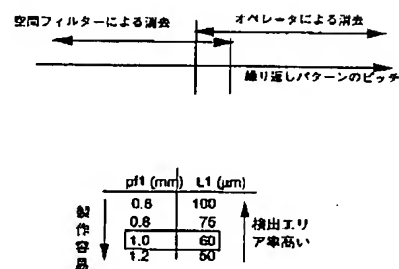
【図17】

図 17



【図18】

図 18

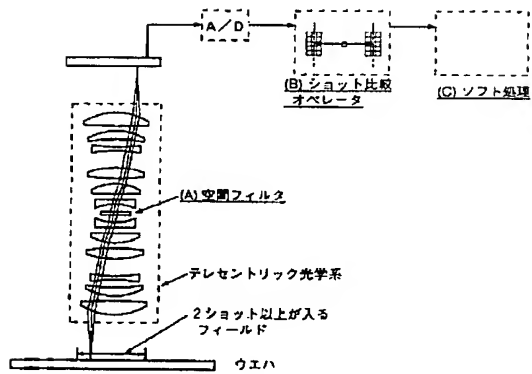


(25)

特開平9-213756

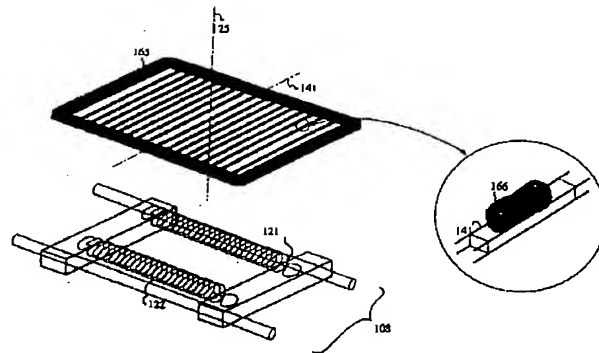
【図9】

図 9



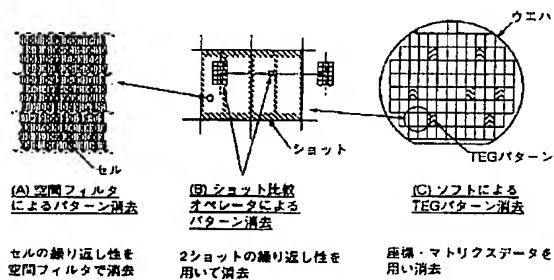
【図19】

図 19



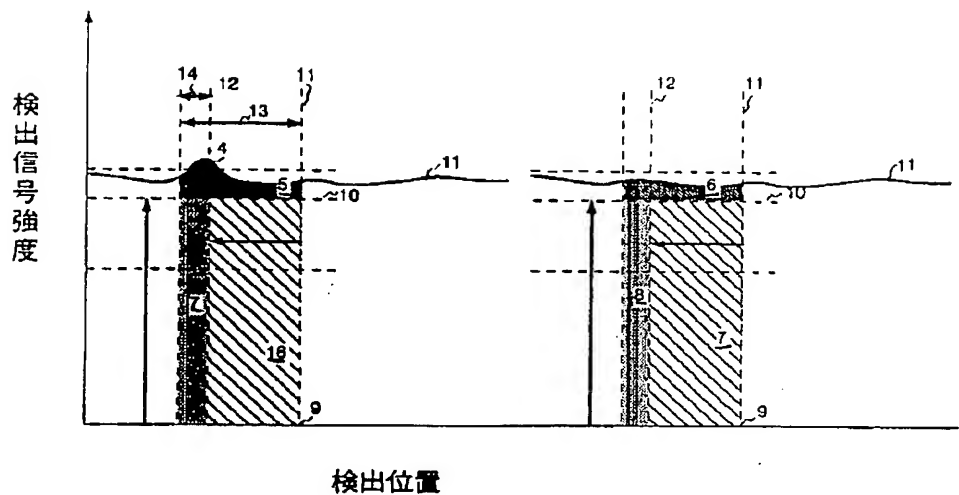
【図36】

図 36



【図14】

図 14

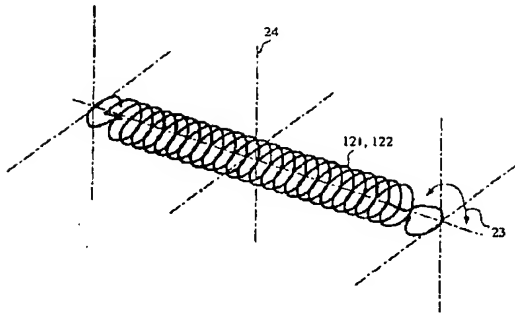


(26)

特開平9-213756

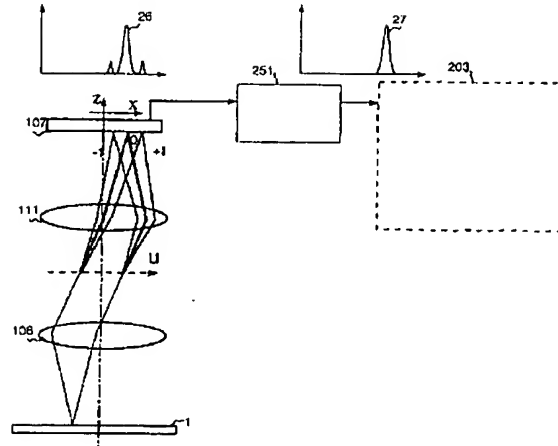
【図20】

図 20



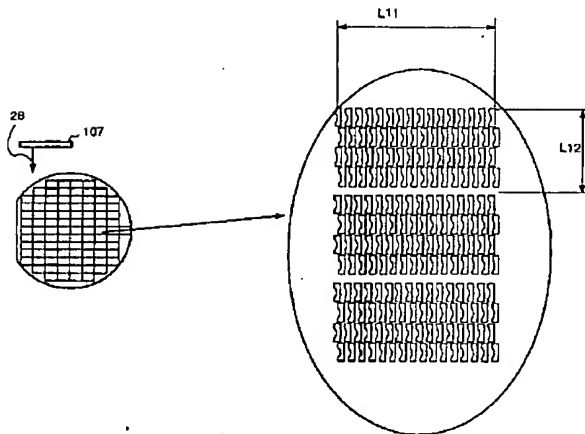
【図21】

図 21



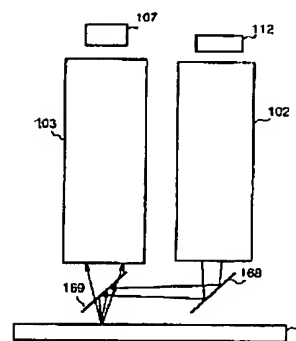
【図22】

図 22



【図23】

図 23

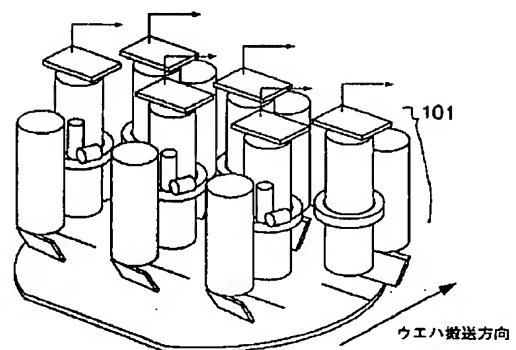
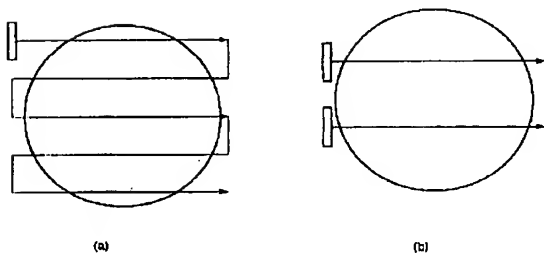


【図25】

図 25

【図27】

図 27

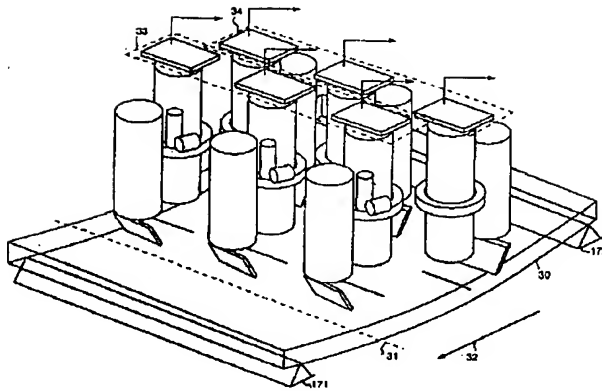


(27)

特開平9-213756

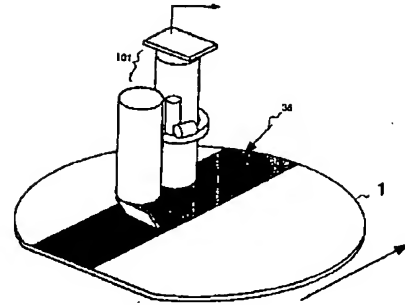
【図24】

図 24



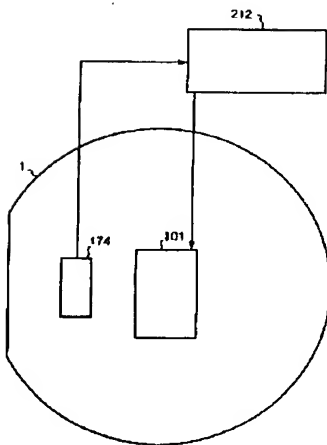
【図26】

図 26



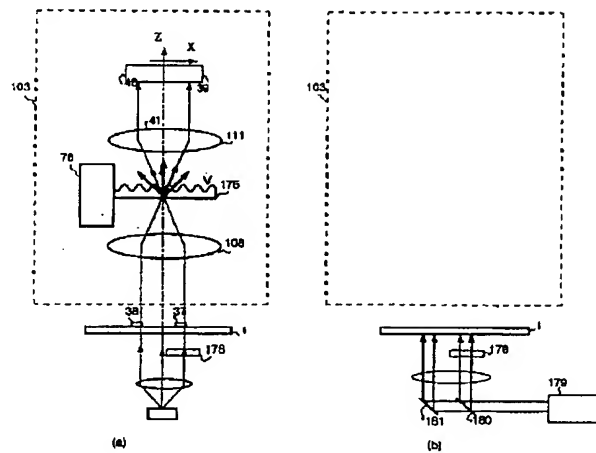
【図28】

図 28



【図29】

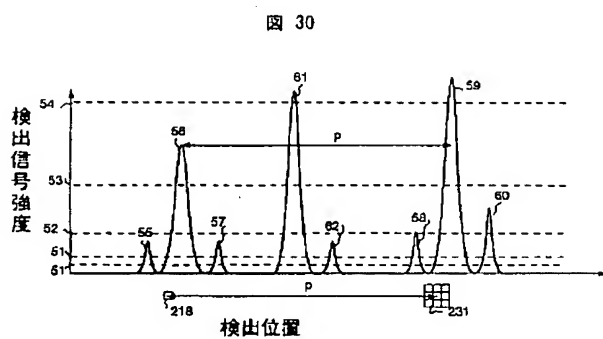
図 29



(28)

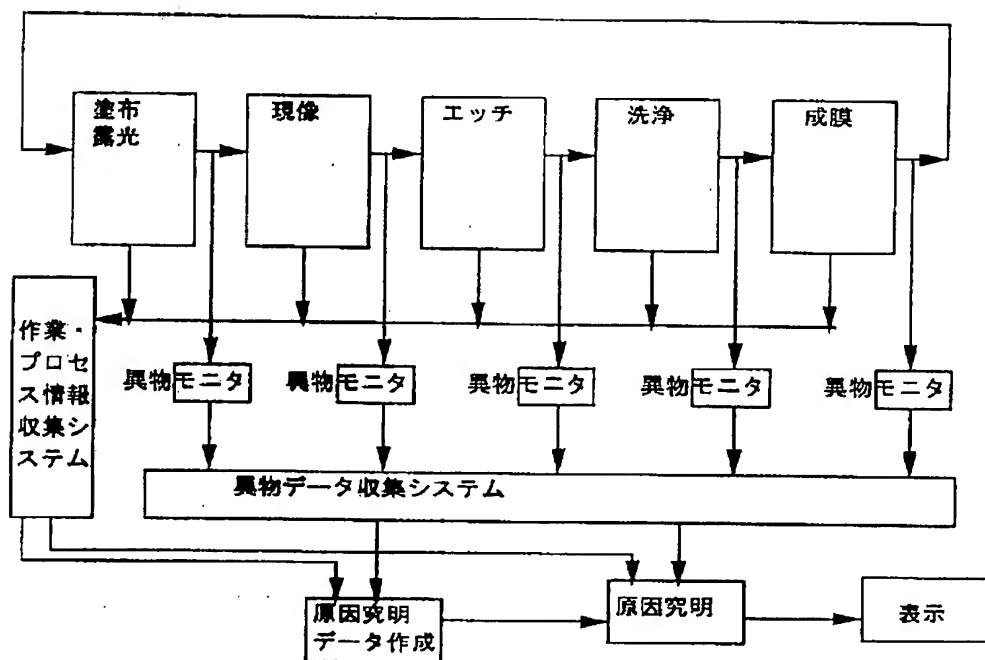
特開平9-213756

【図30】



【図31】

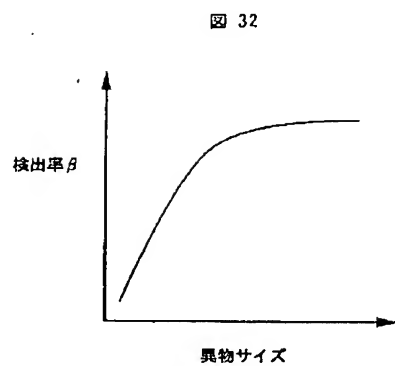
図 31



(29)

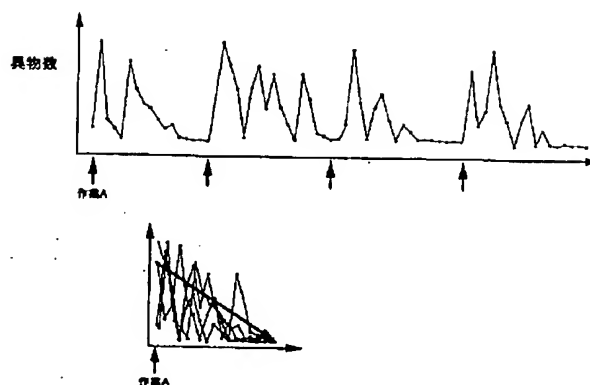
特開平9-213756

【図32】



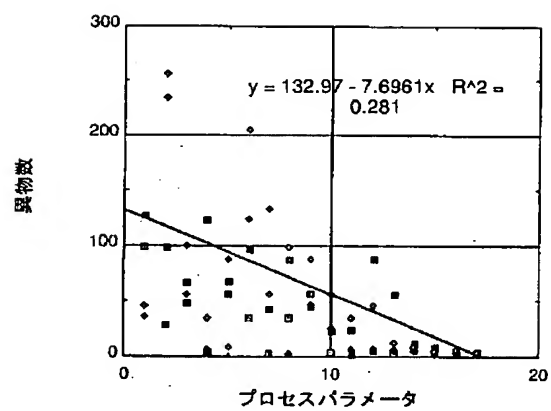
【図33】

図 33



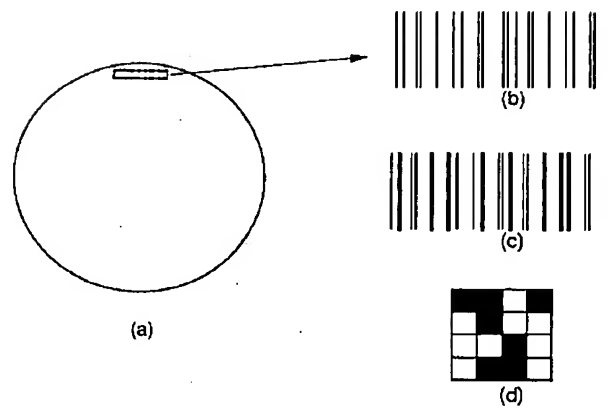
【図34】

図 34



【図35】

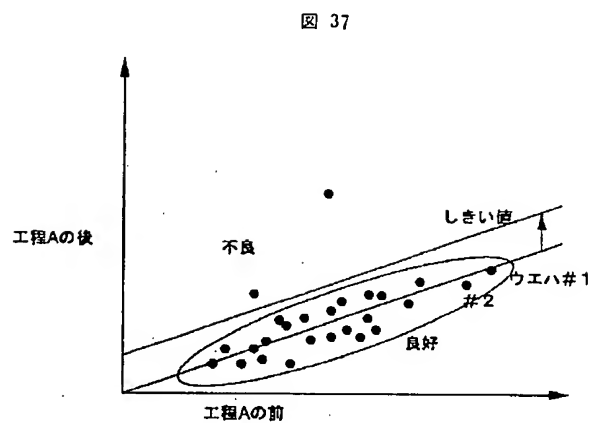
図 35



(30)

特開平9-213756

【図37】



フロントページの続き

(51)Int.Cl.⁶
// G 0 6 F 17/60

識別記号

片内整理番号

F I

G 0 6 F 15/21

技術表示箇所

R.